АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР

В. А. КОВДА

ПРОИСХОЖДЕНИЕ и РЕЖИМ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ

II

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР

ПОЧВЕННЫЙ ИНСТИТУТ им. В. В. ДОКУЧАЕВА

Профессор
В. А. КОВДА

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И РЕЖИМ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ

II

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

МОСКВА *1947* *ЛЕНИНГРАД*

ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ

ТИПЫ ОРОШАЕМЫХ ОАЗИСОВ СССР и БОРЬБА С ЗАСОЛЕНИЕМ ПОЧВ

Введение

Несмотря на то, что территории орошаемого земледелия СССР расположены в пределах сравнительно однородного климатического пояса, в целом комплекс физико-географических и, в частности, почвенно-мелиоративных условий орошаемых оазисов характеризуется исключительным разнообразием.

Разнообразие природных условий орошаемых оазисов требует различных подходов при проектировании новых ирригационных систем, при переустройстве и рационализации старых систем неинженерного типа и разработке мероприятий для борьбы с заболачиванием и засолением. В известной степени это учитывалось как в кругах геологов и почвоведов, так и в кругах инженеров-мелиораторов.

Так, необходимо отметить глубокий анализ почвенно-мелиоративных условий главнейших объектов водного хозяйства СССР, произведенный проф. Л. П. Розовым и изложенный в его капитальном труде «Мелиоративное почвоведение» (1936). В этом труде приводится довольно подробная характеристика почвенно-мелиоративных условий важнейших объектов оросительных мелиораций в СССР. Вместе с тем Розов дает общий геоморфологический анализ орошаемой зоны СССР, с выделением областей предгорных равнин и долин верхнего течения рек, т. е. областей, в которых процессы засоления развиты обычно очень слабо, а также долин нижнего течения, для которых характерно развитие засоления вследствие подпора со стороны рек.

Наконец, отметим классификацию орошаемых территорий Средней Азии, разработанную М. А. Шмидтом (1938), который для условий Средней Азии различает орошаемые территории, расположенные: в условиях предгорий, в условиях межгорных долин различного типа, в условиях аллювиальных равнин и конусов выносов.

Многолетние личные исследования физико-географических и почвенно-мелиоративных условий различных орошаемых оазисов среднеазиатских, европейских и закавказских территорий СССР позволили автору убедиться в том, что классификация орошаемых оазисов имеет исключительно большое значение, мобилизуя внимание и направляя

наши усилия на преодоление тех или иных неблагоприятных или отрицательных в мелиоративном отношении особенностей, свойственных различным оазисам, и подсказывая нам специфический комплекс приемов воздействия на самые важные общие причины, способствующие мелиоративному благополучию оазисов. Удачная классификация орошаемых оазисов может, с одной стороны, устранить разногласия и споры о главном направлении мелиоративных работ и принципах борьбы с засолением почв в ряде случаев, а с другой стороны, может подсказать обязательность определенных мероприятий для однотипных оазисов и возможность перенесения мелиоративного опыта одного оазиса на другие.

Для выполнения задуманной работы по составлению классификации орошаемых оазисов СССР и описанию их почвенно-мелиоративных условий автор использовал результаты своих собственных исследований, ведущихся с 1932 г., и отчетно-архивные материалы Почвенного института Академии Наук СССР, Почвенного института Узбекской Академии Наук, Всесоюзного научно-исследовательского хлопкового института (СоюзНИХИ), Всесоюзного института гидротехники и мелиорации (ВНИИГИМ) и Азербайджанского хлопкового института (АзНИХИ). Руководителям и работникам названных учреждений автор считает долгом выразить свою благодарность за предоставленную возможность использовать их материалы. Значительная часть практических рекомендаций заимствована автором из коллективного документа, составленного в 1943 г. А. Н. Костяковым, Н. А. Янишевским, В. М. Легостаевым, С. К. Кондрашевым, Г. Н. Виноградовым и В. А. Ковда.

Орошаемые оазисы СССР необходимо подразделить на две основные группы, различающиеся между собой возрастом суши, на которой они расположены, ее происхождением, геологическим строением и геоморфологией, предопределяющими коренное различие в характере почв, их водно-солевом режиме и направлении процессов миграции солей.

I. Группа ирригационных оазисов, расположенных на древних и современных аллювиальных (и делювиальных) равнинах, построенных системой террас различного возраста и уровня.

II. Группа оазисов, расположенных на речных дельтах различного типа.

Орошаемые оазисы, объединяемые этими двумя широкими группами, могут быть разделены в свою очередь на ряд подгрупп.

Ирригационные оазисы на аллювиальных равнинах (I) могут быть вложены в сравнительно узкие межгорные долины, подобные Ферганской, Зеравшанской, Араксинской или Вахшской, либо же они могут располагаться на обширных равнинах, причлененных к древним плато или горным водоразделам, как, например, левобережье Волги, Приднепровье или Голодная Степь.

Эти две подгруппы могут быть подразделены, в свою очередь, по условиям макрорельефа и, в особенности, общей естественной дренированности на: а) естественно дренированные аллювиальные равнины,

имеющие свободный отток грунтовых вод и господство процессов рассоления почв, как, например, большинство долин верхнего течения рек, долина Зеравшана, левобережье Волги, и б) аллювиальные равнины, недренированные и слабодренированные вследствие сужений долины, порогов, перемычек и останцов; они имеют ухудшенный, затрудненный отток поверхностных и подземных вод подобно Ферганской долине, запертой Фархадскими скалами, или Вахшской долине, имеющей перемычку из складки Кзыл-Тумшук и останца Урта-боз, или, наконец, Голодной Степи, имеющей подпор реки Сыр-Дарья Чардаринской антиклиналью. Ухудшение естественной дренированности нарастает обычно для нижних террас в среднем и нижнем течении рек, где грунтовые воды питаются за счет инфильтрации со стороны рек. Во всех этих случаях ухудшение оттока грунтовых вод и повышение в их балансе роли испарения вызывает склонность почв этих территорий к остаточному либо современному засолению.

Наконец, необходимо различать, расположен ли ирригационный оазис на нижних террасах рек, имеющих близкие грунтовые воды, влияющие на почвообразование непосредственно, как, например, Чарджоусский оазис (II терраса Аму-Дарьи, Ахтубинская пойма Волги), либо же он расположен на верхних (III, IV, V) древних, обычно лёссовых террасах, характеризующихся глубокими грунтовыми водами, не влияющими на почвообразование. Примерами последних оазисов могут служить Приташкентский, Дальверзинская Степь, Правобережная Фергана, высокая терраса долины реки Вахш (Ак-Газа), Самаркандский оазис. В последних случаях, понятно, господствуют процессы рассоления, достигающие различных стадий и степеней выраженности.

Группа ирригационных оазисов, расположенных на древних и современных дельтах рек (II), также разделяется на ряд подгрупп.

1. Подгруппа оазисов, расположенных на приморских дельтах, т. е. на дельтах, причлененных к современным морским водоемам. Таковы, например, оазисы на дельтах рек Аму-Дарьи (Хорезм, Ташауз, Чимбай) и Сыр-Дарьи, причлененных к Аралу, Кура-Араксинская низменность, представляющая общую сросшуюся дельту рек Куры и Аракса, причлененную к Каспийскому морю, дельты рек Волги, Терека, Урала, Эмбы, причлененные к Каспию. К этому же типу относятся дельта Нила, древнейший очаг орошаемого земледелия в Египте, и дельты рек Кианг-су и Ян-цзы в Китае.

2. Подгруппа ирригационных оазисов, расположенных на территориях континентальных (субаэральных, сухих) дельт, т. е. дельт, не причлененных к какому-либо конечному водоему. Сюда относятся Бухарский и Каракульский оазисы, расположенные на субаэральных дельтах реки Зеравшан, Кашка-дарьинский и Ширабадский оазисы Бухарской области, расположенные на сухих дельтах рек Кашка-Дарьи и Ширабад-Дарьи. Типичными оазисами этой же подгруппы являются также Мургабский и Тедженский оазисы, представляющие собой сухие

дельты рек Мургаба и Теджена в Туркмении, а также Сохский и Исфаринский конусы-дельты в Фергане.

В пределах ирригационных оазисов дельтовой группы необходимо различать территории, расположенные на поверхностях древних дельт, уже утерявших дельтовый режим, и на поверхности «живых» современных дельтовых территорий, подвергающихся еще паводковому затоплению.

Наиболее важной особенностью ирригационных оазисов дельтового типа является естественная склонность почвенного покрова и грунтовых вод территорий, на которых они расположены, к соленакоплению. Процессы соленакопления в почвах оазисов этого типа являются закономерной стадией в развитии этих обширных ландшафтов. Эта стадия соленакопления не зависит в своем возникновении от вмешательства человека. Однако хозяйственная деятельность человека может снять, замедлить или ускорить проявление и кульминационное развитие процессов соленакопления. Стадия засоления наступает в приморских дельтах в процессе их образования и развития. Постепенное накопление новых наносов и обсыхание новой суши ведет со временем к исчезновению паводкового поверхностного затопления и к прогрессивному нарастанию значения грунтового увлажнения и испарения. Это в свою очередь влечет за собой рост минерализации грунтовых вод, а также засоление грунтов и почв. Обычно, судя по дельтам рек Аму-Дарьи, Волги, Кубани, Терека, эта стадия резко проявляется через 50—100—150 лет после образования суши. По мере дальнейшего роста приморских дельтовых территорий процессы соленакопления начинают постепенно ослабляться вследствие понижения уровня грунтовых вод, и уже древнедельтовые пространства характеризуются развитием процессов рассоления.

Таким образом, в каждой дельтовой равнине мы можем найти: а) территории еще совершенно незасоленные, характеризующиеся пресными грунтовыми водами, незасоленными грунтами и почвами и представляющие собой наиболее юную часть дельты, б) территории засоляющиеся и уже засоленные, характеризующиеся нарастающей минерализацией грунтовых вод, и в) территории наиболее древние, рассоляющиеся или рассоленные.

Хозяйственная деятельность человека и, в особенности, орошаемое земледелие встречаются в оазисах дельтового типа с неблагоприятными мелиоративными условиями, заключающимися в естественной стадийной склонности почв к резко выраженному засолению.

Для ландшафтов типа континентальных (сухих) дельт также свойственна естественная склонность их почв к процессам соленакопления. Но эти процессы характерны не для всей территории сухой дельты, а для ее периферии, для хвостовых частей ирригационных районов и для междельтовых (межконусных) пространств.

Развитие пояса соленакопления на периферии континентальной (сухой) дельты обязано тому, что как воды поверхностного стока, так

и в особенности воды грунтовых потоков, пройдя на большой глубине транзитным путем через верхнюю и центральную части сухой дельты, сложенные обычно проницаемыми породами, переходят на периферии дельты в породы, сложенные отложениями тяжелого механического состава, где уклоны и скорость потока резко падают, уровень его приближается к поверхности и где грунтовые воды испаряются с оставлением приносимых солей в почвах.

В этом поясе вследствие близости грунтовых вод к дневной поверхности господствуют процессы их интенсивного испарения, что влечет за собой современное соленакопление. Влияние орошения здесь исключительно велико. Оно усиливает дифференциацию между центральными и верхними частями сухой дельты и ее периферической засоляющейся частью. Избыточные и фильтрационные воды усиливают промывание и опреснение легких грунтов верхних частей континентальной дельты и перемещают массы солей к периферии ее, где они скопляются в грунтовых водах, грунтах и почвах, усиливая естественное соленакопление, протекающее в каждой сухой дельте, образовавшейся в условиях пустынно-степного климата.

Рассмотрим подробнее физико-географические условия и процессы засоления и почвообразования в оазисах различного типа.

Глава I

ПРИМОРСКИЕ ДЕЛЬТЫ РЕК СТЕПНЫХ И ПУСТЫННЫХ ОБЛАСТЕЙ

1. Особенности соленакопления в приморских дельтах рек степных и пустынных областей

Одной из особенностей почвообразования в дельтах рек степных и пустынных областей является исключительно большая роль воды, управляющей процессами соленакопления в грунтах и почвах дельт. Дельтовые наносы приносятся пресными водами и откладываются в пресных водоемах придельтовой зоны. Поэтому какие-либо признаки резко выраженного соленакопления в новейших отложениях дельт, на островах и косах обычно не обнаруживаются. Это объясняется как опресняющим влиянием полых речных вод, затопляющих поверхность молодой дельтовой суши, так и тем, что грунтовые воды островов находятся под непосредственным воздействием пресных речных вод.

На протяжении дальнейших этапов развития островов, образующих новую сушу, и формирования ее почвенного покрова степень влияния речных вод постепенно уменьшается. С возрастом дельт поверхность суши постепенно повышается над меженным уровнем воды, отдельные острова сращиваются, укрупняются и все больше изолируются от водных протоков дельты. Уменьшается с возрастом дельты также и сеть дельтовых речек и протоков, что постепенно уменьшает их опресняющую роль. Затопление островов паводковыми водами в связи с этим постепенно сокращается как по своей продолжительности, так и по мощности затопляющей толщи воды. С этого периода начинает все больше и больше сказываться влияние грунтовых вод, питающих своими солевыми растворами почвенный профиль и луговую растительность суши.

Таким образом, в жизни каждого нового элемента суши в дельте основным направлением его развития будет постепенное исчезновение опресняющей роли речных вод и нарастание значения факторов чисто наземных. Впрочем, даже в наиболее древних частях дельты еще в течение длительного периода сохраняется кратковременное затопление суши паводковыми водами реки. Процесс общего обсыхания дельты, уменьшение опресняющего значения паводков и наличие засоляющего влияния грунтовых вод в дельтах различных рек может уско-

ряться или замедляться общим поведением базиса эрозии. Так, наблюдавшееся за последние 10—15 лет постепенное опускание уровня Каспийского моря несомненно способствует ускорению обсыхания дельт Волги, Терека, Урала и усилению процессов их засоления.

В эволюции рельефа дельт и процессов соленакопления можно наметить несколько фаз (рис. 1).

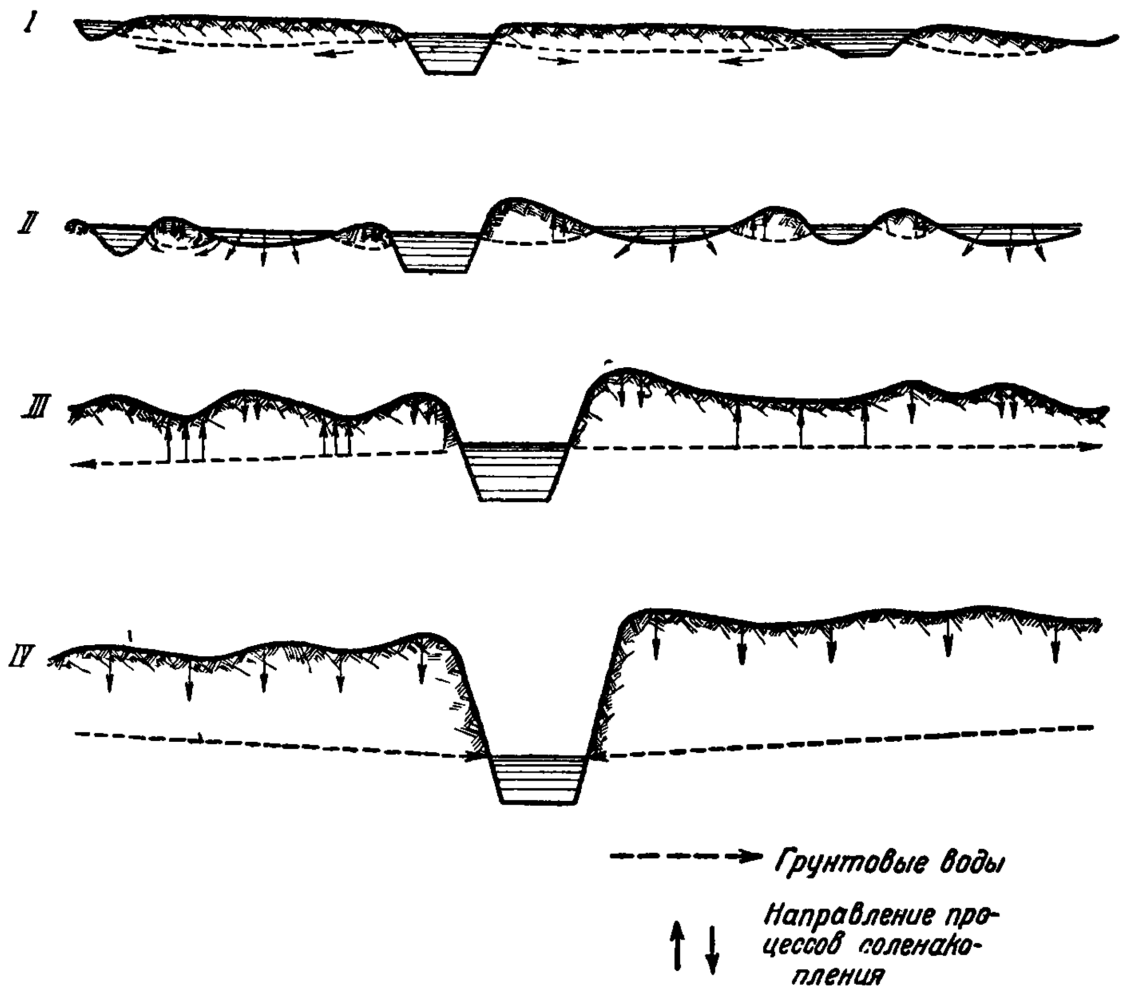


Рис. 1. Схема эволюции рельефа дельт и процессов соленакопления:
I— фаза поемная. *II* — фаза луговая *III* — фаза солончаковая. *IV* — фаза солонцово-такырная степная

В первой фазе новейшая суша дельты обладает сравнительно простым первичным рельефом равнинных, низких, часто затопляемых островов, разделенных бесчисленной сетью мелких и крупных водоемов (устьевые заливы, ильмени, култуки, гирла, ерики, протоки и т. д.). Грунтовые воды находятся на глубине 10—30—50 см. В этой фазе соленакопление в почвах и грунтовых водах практически отсутствует. Грунтовые воды лишь немного больше минерализованы, чем воды реки. Почвы представлены свежим аллювием и болотными образованиями.

Во второй фазе происходит усложнение рельефа. Часть протоков, заливов и ериков исчезает, острова укрупняются за счет объединения более мелких. Вдоль наиболее крупных русел полыми водами формируются прирусловые валы, сложенные породами более легкого механи-

ческого состава. Наиболее пониженные центральные части островов обычно заняты затопляемыми в паводки озерами, старицами или болотами. Со временем на их месте обособляются плоские понижения, сложенные породами тяжелого механического состава.

Грунтовые воды дельтовых островов на этой фазе питаются постоянной инфильтрацией со стороны русел протоков, а также со стороны озер, ильменей и болот, затопляемых в половодье. Затопляемые паводками участки дельты соленакоплению почти не подвержены вследствие промывания паводковыми водами. Пространства же, окаймляющие затопляемые понижения, где грунтовые воды близки к поверхности и регулируются в основном испарением и транспирацией, начинают постепенно засоляться. Почвенный покров на этой фазе усложнен. Болотные и лугово-болотные почвы приурочены к понижениям затопляемых центральных частей островов. Лугово-солончаковатые почвы более или менее сложным узором окаймляют их на повышенных периферических частях островов, которые слабее затопляются при паводках.

В следующей (третьей) фазе дальнейший рост суши вверх и отмирание мелких протоков, русел и ериков приводит к ослаблению затопляющего и опресняющего влияния паводков и в центральных пониженных частях островов. Вследствие близости грунтовых вод и их испарения здесь господствуют лугово-солончаковый и солончаковый процессы, ведущие к засолению почв и грунтовых вод. Повышенные элементы рельефа при этом могут оторваться от грунтовых вод и вступить в стадию рассоления. В отдельных случаях здесь появляются лугово-солонцеватые, солонцовые и плотные такыровидные почвы.

В четвертой, наиболее поздней, фазе развития дельты сохраняются лишь самые крупные речные русла. Суша оказывается уже сильно приподнятой над уровнем воды в руслах, вследствие чего некоторую часть времени года грунтовые воды имеют отток в реку. На наиболее высоких частях дельты протекают процессы рассоления, а при хлоридном засолении — осолонцевание (как это характерно для Кура-Араксинской дельты). Однако и на этой фазе развития дельт равнины, особенно понижения мезорельефа, вследствие близости грунтовых вод к дневной поверхности, заняты засоленными почвами и солончаками.

Орошение при современной его технике (открытая сеть, потери на фильтрацию, избыточные поливы) приводит к тому, что в условиях дельт грунтовые воды легко повышают свой и без того высокий уровень, и процессы засоления, свойственные каждой дельте, расположенной в жарком климате, начинают усиливаться, приобретая катастрофический характер.

Источниками солей в грунтовых водах всякой дельты являются прежде всего собственно речные воды, питающие грунтовые воды суши. Вторым источником необходимо считать соли того морского бассейна, в который впадает река и к которому причленена дельта, так как в период нагонных ветров море может питать своими растворами сушу. И, наконец, третьим источником следует считать соли, отложенные в

породах, слагающих коренные берега и древние террасы, в которые вложены современные дельты.

Испарение грунтовых вод вследствие их близости к поверхности почв в дельтах рек области степей и пустынь очень велико и является основным фактором постепенного засоления грунтовых вод, грунтов и почв. Так, в дельте реки Волги испарение в тени достигает 1000 мм. Не будет большой ошибкой считать, что на незатененной поверхности суши при близких грунтовых водах испаряется до 1000—1800 мм, т. е. до 10 000—18 000 м³/га. Подобные размеры испарения грунтовых вод должны вести к интенсивному соленакоплению. Так, например, при минерализации грунтовых вод молодой дельты реки Волги 0.1 г/л ежегодное соленакопление будет составлять 1—1.8 т на гектар суши в год. При концентрации этих солей в слое 0—20 см, что типично для солончакового процесса, это даст в течение одного года прибавку в содержании солей около 0.01% от веса почвы. При подобных темпах засоления уже в течение 100 лет каждый гектар новой суши в дельте Волги должен будет получить до 100—180 т солей, что будет составлять около 1% легкорастворимых солей в слое 0—20 см.

Отсюда получается, что при рассмотренных условиях вновь образовавшаяся, вначале незасоленная, суша дельты в течение всего лишь одного столетия должна будет подвергнуться засолению и покрыться засоленными почвами. При большей минерализации речных вод и при бо́льших величинах испарения скорость процессов соленакопления в дельтовой суше будет еще больше.

Так, в дельте Аму-Дарьи при минерализации ее воды 0.4 г/л и величине суммарного испарения близких грунтовых вод 20 000 м³/га ежегодное накопление солей на 1 га будет составлять около 8 т/га, что в течение 100 лет даст накопление до 800 т/га различных легкорастворимых солей. В пересчете на 20 см поверхностного слоя почвы это составляет уже около 4% солей, что типично для солончака.

Конечно, ни в одной дельте процесс соленакопления не протекает строго по этой схеме, так как ежегодные паводки частично смывают накопившиеся в поверхностных слоях почвы легкорастворимые соли, а частично возвращают их вновь в грунтовые воды, повышая минерализацию последних.

Однако общее направление процесса идет в сторону соленакопления и в сумме для всего профиля почвы и для горизонта грунтовой воды выражается указанными величинами. Менее растворимые соли (бикарбонаты кальция и гипс) при этом будут выпадать в твердую фазу грунта, способствуя постепенному общему обогащению породы и нижних горизонтов почвы углекислым кальцием и гипсом. Вековая продолжительность этого процесса в общей эволюции дельты приводит к постепенному засолению почв, грунтов и почвенно-грунтовых вод дельты.

В табл. 1 приводятся в качестве иллюстрации этого положения данные о засоленности грунтов и грунтовой воды дельты реки Волги.

Таблица 1

Минерализация вод дельты реки Волги, в г/л
(данные В. Н. Кузина)

Происхождение воды	Плотный остаток	Cl	SO_4	HCO_3	Ca	Mg	Na + K
Вода р. Волги у Астрахани, декабрь—март	0.31	0.02	0.08	0.08	0.06	0.01	0.02
То же — июнь	—	0.08	—	—	0.03	0.006	0.01
Грунтовые воды дельты . . .	—	0.60	—	—	—	—	—
Грунтовые воды обвалов уч. дельты .	4.91	3.20	—	—	—	—	—

Так, в дельте Волги под солончаками минерализация грунтовых вод достигает 10—15 (иногда 30—45) г/л, в Кура-Араксинской дельте 50—100 г/л, в Аму-Дарьинской дельте 100—150 г/л.

В процессе общего роста минерализации грунтовых вод дельты по мере роста элементов суши и обсыхания происходит сильное изменение качественного состава солей. Особенно возрастает содержание хлоридов Na и Mg.

В дельтах многих рек могут быть и другие дополнительные, весьма мощные источники легкорастворимых солей, способствующие усилению естественной склонности дельты к соленакоплению. Так, для дельты Волги чрезвычайно характерно систематическое поступление легкорастворимых солей и, главным образом, NaCl из так называемых соляных куполов, широко распространенных на поверхности Каспийской низменности. Для дельты же Волги имеет очень большое значение вторичное перемещение легкорастворимых солей из древних осадочных соленосных пород (пермских, акчагыльских, хазарских), ныне размываемых Волгой и ее рукавами.

Минерализация поверхностных и грунтовых вод и интенсивность процесса соленакопления в грунтах и почвах вообще растут к боковым частям, к крыльям дельты. Это происходит не только потому, что центральные части дельты подвергаются в наибольшей степени опресняющему влиянию речных вод, но еще и потому, что к периферии дельты вообще направлены грунтовые потоки от русел рек. На периферии дельты они, испаряясь, оставляют в грунтовой воде и почвах приносимые ими соли. На периферии же дельты, кроме того, проявляется дополнительно соленакопление за счет дренирования минерализованных грунтовых вод с прилегающей более древней суши.

В дельте Волги, в частности, играют весьма большую роль как источник солей Бэровские бугры, сложенные довольно засоленными породами.

Значительным источником солей в грунтовых водах и почвах дельты является тот морской водоем, к которому причленена дельта. Это имеет особенно большое значение в период действия нагонных ветров,

так называемых «морян», когда морские воды внедряются в прибрежные дельтовые заливы, протоки, речные рукава, повышая общую минерализацию их вод, что, например, особенно часто наблюдается на приморской окраине дельты Волги, дельт Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи. Для некоторых дельт (Куры и Аракса, Терека) характерна также инфильтрация морских вод в сторону суши (рис. 2).

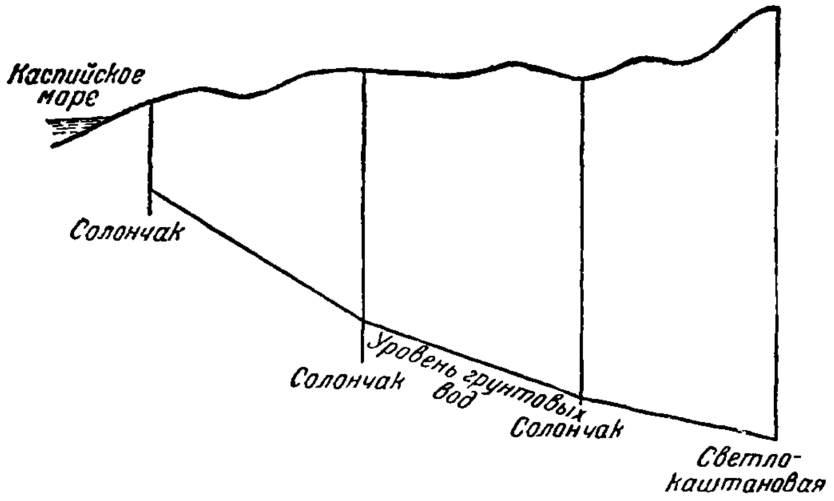


Рис. 2. Подпор и питание грунтовых вод в дельте реки Терек со стороны Каспийского моря (С. В. Зонн).

Наконец, на общем солевом балансе дельты отзывается также колебание базиса эрозии. Это влияние значительно сложнее, чем принято было считать прежде. Опускание базиса эрозии вызывает в дельтах усиление процесса их обсыхания, что влечет за собой усиление процессов засоления грунтов и почв, так как при этом уменьшается опресняющая роль паводков. Поднятие же базиса эрозии, усиливая паводки, которые начинают затоплять ранее незатоплявшиеся части древней дельты, влечет за собой смыв и промывание солей, т. е. рассоление этих территорий.

Таким образом, в применении к дельтам универсальное положение о рассоляющем эффекте опускания базиса эрозии должно подвергнуться известному ограничению и пересмотру. Лишь очень значительное опускание базиса эрозии, вызывающее отрыв почвенных горизонтов от грунтовых вод и сильное углубление последних, может вызвать прекращение соленакопления в дельте и рассоление ее почв.

Несмотря на то, что сезонный солевой режим почв дельты, помимо зимне-осеннего выщелачивания солей атмосферными осадками, характеризуется еще дополнительно периодическим опресняющим влиянием паводков, для почв дельт характерна тем не менее резко выраженная тенденция аккумуляции легкорастворимых солей в верхних почвенных горизонтах. Это является следствием исключительно большого испарения почвенно-грунтовых вод, залегающих на близкой глубине, и свидетельствует о сильно выраженной склонности дельтовых почв к естественному засолению. Даже в слабозасоленных и незасоленных луго-

вых почвах в их верхних горизонтах, где происходит наибольшее испарение почвенно-грунтовых вод, обнаруживается некоторая аккумуляция солей, хотя абсолютное количество их может быть небольшим.

Подобный тип солевого профиля свидетельствует о постоянной тенденции всех почв дельты к засолению (табл. 2).

Таблица 2

Тенденция к накоплению максимума легкорастворимых солей в поверхностных горизонтах почв дельты реки Волги

(данные Е. Я. Михайлова)

Разновидности почв	Глубина в см	Плотный остаток в %	Cl м. экв	SO_4 м. экв
Аллювиально-луговая	0—8	0.52	0.50	3.46
	45—69	0.05	0.10	0.10
	131—151	0.07	0.15	0.16
Лугово-дерновая	0—7	0.19	0.91	0.86
	10—20	0.16	0.71	0.93
	30—40	0.56	0.96	0.75
	70—85	0.28	0.60	—
	145—155	0.26	1.26	0.52
Ильменно-луговая	0—7	0.11	2.02	0.54
	10—20	0.40	1.82	0.54
	20—30	0.21	1.42	0.52
	60—70	0.15	0.56	0.51
	130—150	0.11	0.96	0.55
Луговая солончаковатая . . .	0—10	1.34	11.55	7.88
	10—20	0.68	4.60	5.12
	45—56	0.28	1.33	2.80
	85—95	1.03	1.43	2.79
	150—170	0.27	1.23	1.60

После первых фаз обсыхания дельты типичная для нее болотно-луговая растительность, составленная видами тростников (Phragmites communis), тифа-чакан (Typha angustifolia) и камышами (Scirpus), отмирает, сменяясь пышно развитыми луговыми ассоциациями. В этот период развития суши растительный покров достигает своей кульминационной точки и оказывает исключительно сильное влияние на почвообразовательный процесс дельты массой органического вещества и продуктами его разложения.

Транспирируя почвенно-грунтовую влагу через листву, затеняя почву с поверхности, травяной покров сводит к минимуму восходящее движение капиллярных растворов и их испарение в верхних горизонтах почвы. Растворимые соли в почве и грунтах не доходят до верхних горизонтов, накопляясь в зоне окончания корневой системы растений. Здесь на глубине 20—40 см выделяются углекислый кальций и гипс в

форме жилок и тонкой сетки трубок, соответствующей разветвленной массе корешков растений.

Каждый очередной паводок, затопляя поверхность дельты, вымывает легкорастворимые соли обратно в грунтовые воды, а часть солей уносит своими водами прочь. Лишь малорастворимые выделения углекислого кальция и гипса остаются на месте, ежегодно накопляясь в профиле почв. Верхние горизонты дельтовых почв остаются тем дольше незасоленными, чем продолжительнее сохраняется густой ковер мощной травяной луговой растительности. И хотя общие процессы постепенного закарбоначивания и загипсовывания грунтов, а также и медленное накопление легкорастворимых солей в почве, грунтах и грунтовых водах с возрастом дельты неуклонно продолжаются, образование поверхностно-засоленных почв развивается медленно, через фазы слабо- и среднезасоленных луговых почв.

Однако рост засоленности почв до величин 0 3—0.5% начинает уже сказываться на состоянии растительного покрова. Луговые пырейно-разнотравные ассоциации начинают сменяться растительным покровом, приспособленным к засоленности почв. Появляется аджрек (Aeluropus littoralis), шведка (Suaeda maritima), различного рода солянки (Salicornia herbacea, Petrosimonia crassifolia и др). Растительный покров делается более изреженным, продуцируемая масса органического вещества значительно меньше.

Испарение капиллярных растворов почвенно-грунтовых вод протекает после этого в поверхностных слоях почвенного профиля. Соли, удерживавшиеся ранее в толще глубоких горизонтов и в грунтовых водах транспирирующим и затеняющим действием растительности, перемещаются теперь и накопляются в поверхностных горизонтах. Развиваются поверхностно засоленные почвы и солончаки, примеры чего можно найти в дельтах Волги, Куры и Аракса, Аму-Дарьи и др.

Уничтожение естественного растительного покрова путем выжигания, чрезмерных выпасов и распашки, обвалования с целью заграждения от паводков, постройки населенных пунктов коренным образом меняют водно солевой режим луговых почв дельт, усиливая и ускоряя процесс засоления Территории населенных пунктов и выпасов, например в дельте Волги, представлены сильнозасоленными почвами и солончаками.

Соответственно, на этой стадии развития суши дельты по мере сокращения роли паводков почвы все больше начинают приобретать солончаковый облик, утрачивая запасы накопленного ранее органического вещества и теряя характерную для луговых почв структуру и высокое плодородие. Происходит смена болотно-лугового дельтового ландшафта солончаковым и наступление галофитных и солончаково-эфемерных форм растительности.

Эта тенденция до известного возраста дельты задерживается благодаря структурности почв, задерненности растительностью и благодаря опресняющему влиянию паводков, действующих подобно мелиоративным промывкам солончаков в орошаемом земледелии.

Устранение этих сдерживающих факторов естественным путем, по мере роста суши дельты, протекает крайне медленно, но тем не менее оно неизбежно наступает. При уничтожении лугово-дерновой растительности, при устранении тем или иным путем промывающего влияния паводков (обвалование, регулирование паводков и др.) засоление почвы в дельтах наступает катастрофически быстро. Даже очень интенсивные поливы при этом не могут спасти почвы от засоления. Примеры подобного интенсивного засоления почв в дельтах, вызванного неправильным освоением, известны для дельты рек Волги и Терека и в особенности для дельт Куры и Аракса. На последнее указывал академик В. Р. Вильямс.

В качестве примера, удачно иллюстрирующего зависимость развития процессов засоления почв в дельтах от возраста их суши, на рис. 3 приводится выкопировка фрагмента почвенной карты дельты реки Волги (Е. Я. Михайлов).

Как можно видеть из данных этого рисунка, юго-восточная часть рассматриваемого массива переходит в приморский край дельты, представленный новейшим незасоленным аллювием и болотами взморья (култуки). Далее к северо-западу выделяется кайма молодых аллювиально-луговых и луговых незасоленных почв, имеющих возраст около 50—75 лет. Обращает также внимание отсутствие на этих сравнительно небольших многочисленных островах развитых понижений, занятых ильменями.

Следующая к северо-западу полоса представлена уже более сложным и дифференцированным почвенным покровом. Основным фоном почвенного покрова междуречья Бузан — Иголкинский Банк являются луговые солончаковатые почвы; понижения рельефа заняты болотными и болотно-луговыми (ильменными) почвами. Эта полоса дельты имеет средний возраст более 100 лет.

Еще более древняя (более 150 лет) часть дельты заключена в междуречье Сумица Широкая — Бузан. Здесь почвенный покров представлен различными вариантами засоленных и солонцеватых луговых почв и солончаков. Наибольшей выраженности засоленность почвенного покрова достигает на территориях, прилегающих к крупным селам, и на выгонах, а также вокруг останцовых бугров (Бэровские бугры), сложенных соленосными отложениями.

Рассмотренная схема процессов естественного соленакопления, свойственного дельтам, изложена нами преимущественно на примере дельты реки Волги, как наименее измененной хозяйственной деятельностью человека. При этом в основу нами приняты результаты многолетних исследований Всесоюзного института рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), любезно предоставленные в распоряжение автора почвоведами М. П. Гудковым и Е. Я. Михайловым. С другой стороны, нами использованы материалы личных наблюдений в дельте в 1940 г.

В орошаемых оазисах, расположенных на дельтах, подобных дельте Волги (Кура-Араксинская низменность, Хорезм и др.), тысячелетняя

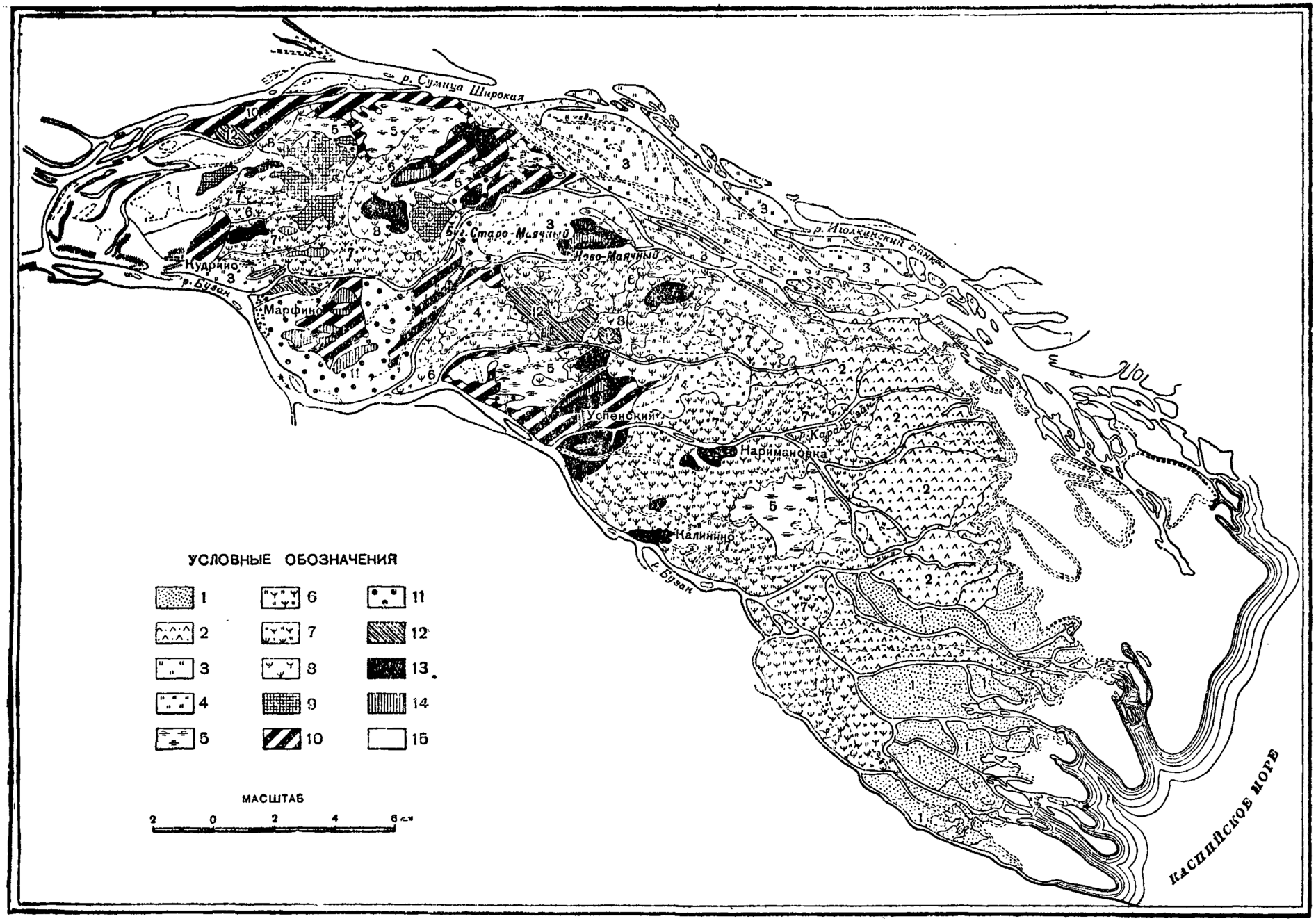


Рис. 3. Развитие процессов засоления почв в дельте реки Волги в зависимости от возраста суши (Е. Я. Михайлов). Условные обозначения:

1 — аллювиальные песчано-супесчаные. *2* — аллювиальные суглинистые. *3* — луговые маломощные. *4* — луговые среднемощные. *5* — болотные. *6* — лугово-слабосолончаковые. *7* — лугово-солончаковые. *8* — сильносолончаковые. *9* — болотно-солончаковые. *10* — комплекс почв разной степени солончаковатости. *11* — комплекс солонцевато-солончаковых почв. *12* — солончаки сульфатные. *13* — солончаки хлоридные. *14* — бурые и остаточно-солончаковые. *15* — желтовый аллювий новейшего возраста.

история орошения значительным образом видоизменяет направление и характер естественных процессов соленакопления. Однако в основе этих процессов лежат и действуют общие закономерности, определяющие тяжелые мелиоративные условия дельтовых оазисов: подпор и питание грунтовых вод речными руслами, крайне низкая естественная дренированность, регулирование водного баланса транспирацией и испарением, положительный солевой баланс

2. Дельта Аму-Дарьи

Климатические условия низовьев и дельты Аму Дарьи характеризуются среднегодовой температурой 10—12°, количеством атмосферных осадков около 70 мм в год, относительной влажностью воздуха летом до 30—40%, испаряемостью (по Вильду) больше 2 000 мм. Воды Аму-Дарьи несут огромное количество мути, в среднем до 4 г/л (иногда 10—11 г/л), с содержанием извести до 7% Таким образом, наносы дельты Аму-Дарьи высококарбонатны еще при своем отложении.

Древняя и современная дельты Аму Дарьи, занимающие большую площадь (около 50 000 км^2), вложены в огромную тектоническую впадину между Усть-Уртом на северо-западе, хребтом Султан-уиз-даг на востоке, размытой третичной поверхностью Кара-Кумов, отмеченной серией возвышенностей, на западе и юго-западе Начинаясь ниже Петнякской луки (в 360 км от Арала), она может быть подразделена на три части верхнюю, среднюю и нижнюю дельты (по Цинзерлингу)

Верхняя дельта начинается от Петнякской луки и заканчивается примерно у границ теснины Джумур-тау. В пределах этой части дельты расположен знаменитый Хорезмский оазис. Здесь насчитывается до 100 крупных оросительных каналов, в числе которых есть каналы с поперечником до 70 м.

Средняя дельта, более молодая, расположена между тесниной Джумур-тау и тесниной Такиа-тахе. Значительная часть этой территории ныне безводна и не орошается

Нижняя, растущая в Аральское море дельта является самым молодым образованием. На большей части территории нижней дельты и поныне идут процессы интенсивного накопления наносов. Река здесь теряется в бесконечных протоках, зарослях, заливах и лагунах. По некоторым подсчетам (Цинзерлинг), в нижней дельте ежегодно откладывается до 150 000 000 м^3 новых наносов, что обусловливает в зоне аккумуляции повышение поверхности за год в среднем на 1—2 см В расчете на всю площадь дельты это составляет 1—3 мм в год

Центральная часть нижней дельты находится под огромной поверхностью разливов, образованных искусственным подпором вод Аму-Дарьи, созданным во времена Хивинского ханства.

Восточный сектор нижней дельты обсох сравнительно недавно, около 100 лет назад, но тем не менее представлен уже почвами, в значительной степени засоленными

Западный сектор нижней дельты лишь в недавнее время освободился от затопления и покрыт мощными зарослями луговых, болотных и древесных растений, произрастающих на своеобразных разновидностях лугово-болотных гумусированных аллювиальных почв.

Процессы заболачивания и затопления в нижней дельте поддерживаются, несомненно, общим подъемом уровня Аральского моря на 1.5—2 м за последнюю эпоху.

Подчиняясь закону Бэра, река Аму-Дарья в своем нижнем течении, формируя дельту, постепенно сдвигалась к востоку и северо-востоку. Соответственно этому наиболее древняя Сарыкамышская дельта Аму-Дарьи расположена в западной части низменности. Она была образована целой серией древних русел Аму-Дарьи: Дарьялык, Даудан, Куня-Дарья и др.

Исследования И. П. Герасимова, А. Г. Доскач, Н. П. Белова, Б. М. Георгиевского позволяют нарисовать следующую картину геологии, геоморфологии и гидрологии дельты.

Древняя дельта сложена мощной, до 25—30 м, толщей слоистых мелкозернистых песков, перекрытых с поверхности слоисто-супесчаной, в отдельных местах глинистой пачкой новейших аллювиальных и ирригационных отложений. При толщине годичного осадка 3 мм, для накопления этой толщи потребуется 10 000—20 000 лет.

Для всей толщи дельтово-аллювиальных отложений характерна *исключительно большая пестрота и разнородность* как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. Эта пестрота и неоднородность обязаны бесконечным перемещениям крупных и мелких протоков Аму-Дарьи, а также многочисленным генерациям ирригационных каналов. Перемещения протоков и каналов сопровождались размывом одних отложений и отложением комплекса других.

Вдоль древних и современных действующих русел или крупных ирригационных каналов обычно отмечаются отложения более легкого механического состава, сменяющиеся с удалением от русла суглинистыми породами.

Наиболее удаленные от современных и древних русел территории сложены тяжелыми суглинками и глинами, достигающими мощности в несколько метров.

Чаще всего поверхностные глинистые отложения обнаруживаются в центральных частях ирригационных оазисов и на контакте дельты с Кара-Кумами в местах былого или современного развития озер и сбросных болот. Отдельные массивы поверхности древней дельты представлены развеваемыми песками.

Равнинный рельеф древней и современной дельты Аму-Дарьи нарушается сухими и действующими руслами, озерами или высохшими древнеозерными депрессиями, а также плоскими останцовыми возвышенностями, сложенными древними коренными породами.

Хорезмская часть дельты Аму-Дарьи при общей идеальной равнинности имеет отчетливо выраженный уклон к западу-северо-западу, по-

рядка 0.00015—0.00030, обязанный сумме уклонов к морю и от реки.

Многовековая история орошения в дельте Аму-Дарьи обусловила формирование повсеместной толщи ирригационных наносов, достигающей в среднем 2.5—3 м, а в частях, близких к ирригационным каналам, 5—7 м.

Мощная толща ирригационных отложений обязана исключительно высокой мутности вод реки Аму-Дарьи (до 4—11 г/л), а также и специфичности агротехники местного земледелия. Борясь с высокими грунтовыми водами и с засолением почв, земледелец аму-дарьинской дельты веками вносил в почву огромное количество смешанных с навозом землистых, песчанистых, дувальных удобрений, систематически наращивая поверхность суши.

Мезорельеф древней и современной дельты Аму-Дарьи является, таким образом, результатом совокупной деятельности факторов естественных и факторов ирригационных.

Основными формами мезорельефа дельты являются: а) действующие русла рек, протоков и каналов, б) сглаженные, выравненные, древнерусловые депрессии отмерших протоков рек, в) вытянутые повышения древних крупных арыков и каналов, сложенные арычными отложениями, г) озеровидные округлые впадины на местах древних озер и разливов дельты.

Для многих орошенных территорий характерен также идеально равнинный рельеф, созданный земледельцем путем многовековых планировок поверхности с целью борьбы с засолением.

Пространства, тяготеющие непосредственно к главному руслу реки Аму-Дарьи, представляют как бы современные пойменные террасы ее; они сложены комплексом новейших песчано-суглинистых, очень пестрых в плане и по профилю пород, являющихся результатом размыва, переноса и нового отложения древних дельтовых наносов. Эти пространства заняты так называемыми «каирными» землями, на которых ведется неполивное земледелие за счет пресных грунтовых вод.

Западная часть древней дельты (к западу от г. Куня-Ургенч), вследствие изменения течения вод Аму-Дарьи и преимущественного перемещения их в сторону Аральского моря, оказалась примерно с XVI века безводной, что привело к гибели всего Западно-Хорезмского оазиса. На поверхности этой так называемой Куня-Дарьинской равнины поныне сохранились разрушенные оросительные сооружения, остатки городов и крепостей. Обширные пространства Куня-Дарьинской равнины в случае подведения к ним ирригационной воды могут быть с успехом возвращены вновь в культуру.

Гидрографическая сеть дельты чрезвычайно сложна и представлена системой русел Аму-Дарьи и ее многочисленными протоками, приморскими заливами и лагунами, внутридельтовыми озерами, разливами и сбросными болотами, сложной сетью ирригационных каналов

Сеть магистральных каналов представлена здесь огромными каналами (Палван-ата, Газават, Шават и Клыч-наизбай), которые зачастую

используются под судоходство и транспортируют в глубь оазиса огромное количество вод, взвешенного материала и солей.

Сеть второстепенных ирригационных каналов исключительно густа Через каждые 3—4 км обычно в том или ином направлении проходит крупный распределительный арык. Обильная гидрографическая сеть дельты является мощным фактором питания грунтовых вод.

Вторым фактором питания грунтовых вод дельты являются поливы и ежегодные многократные промывки и сбросы вод, скопляющихся в депрессиях

Исследования Георгиевского в полной мере доказали исключительное влияние Аму-Дарьи в питании и режиме грунтовых вод (рис. 4)

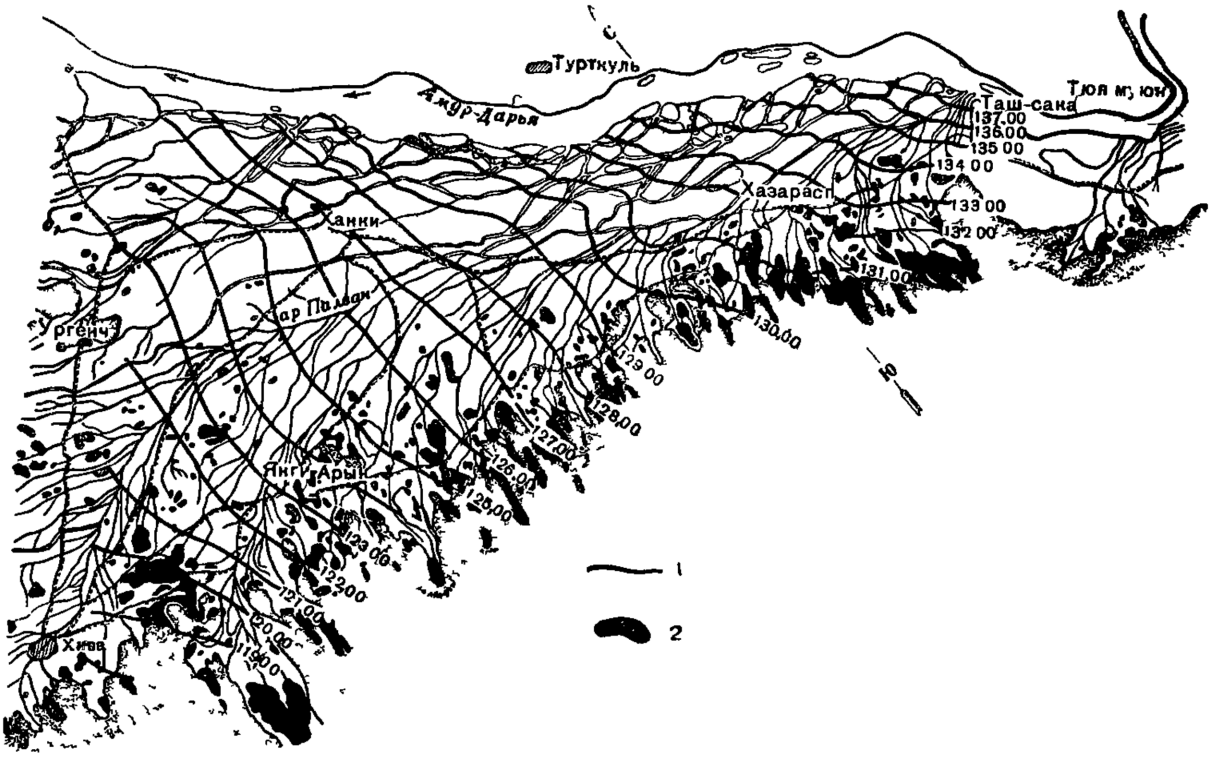


Рис 4 Влияние Аму-Дарьи на питание и подпор грунтовых вод в дельте (Георгиевский). Схема-гидроизогипс зеркала грунтовых вод Южного Хорезма при закрытой оросительной системе·

1 — гидроизогипсы зеркала грунтовых вод *2* — сбросные болота и солончаки.

Поверхность грунтовых вод в дельте чрезвычайно сложна и представлена многочисленными неровностями, обусловленными влиянием поливов и мелких каналов.

Общее направление грунтового потока (i = 0.0001—0.00025) идет в сторону от русла Аму-Дарьи. Вблизи реки и каналов глубина грунтовых вод обычно невелика, не больше 1 5—3 м, но с удалением от русла Аму-Дарьи на расстояние до 20—30 км они уходят на глубину 7—8 м, а на расстоянии 80—100 км — на глубину 15—20—30 м (Георгиевский).

Вблизи каналов уклон грунтовых вод достигает 0 01. Но уже на расстоянии 350—400 м от каналов уклон уменьшается до 0 001—0.0005.

В местных депрессиях рельефа уровень грунтовых вод оказывается на глубине меньше 1 м либо даже выклинивается на поверхность. Эти депрессии служат испарителями грунтовых вод, аккумулирующими легкорастворимые соли. Присутствие значительного количества илистых частиц в песках, сложная литология дельтовых отложений вообще обусловливают очень медленное движение и застойный характер грунтовых вод в дельте, а также близкое расположение их к дневной поверхности.

В современных условиях водный баланс всей дельты Аму-Дарьи регулируется вследствие ничтожности оттока грунтовых вод в основном их испарением и транспирацией, что и является решающим фактором соленакопления в дельте. Подсчеты Н. В. Полякова схемы водного баланса для Хорезма, в частности, рисуют следующую картину:

Приходные статьи		Расходные статьи	
Атмосферные осадки	920 м³/га	Испарение	1 400 м³/га
Оросительная вода .	1 700 „	Транспирация	1 500 „
Промывки	735 „	Отток грунтовых вод	500 „
Фильтрация в ирригационной сети . .	2 200 „	Итого . . .	3 400 м³/га
Итого	5 555 м³/га		

Избыток в 2155 м³/га шел в период подсчета схемы водного баланса (1934—1935 гг.) на повышение запаса и уровня грунговых вод. В этой схеме не учтены поступления за счет инфильтрации со стороны реки Аму-Дарьи, которые, как следует из гидрогеологических данных Георгиевского и др., являются существенной статьей питания грунтовых вод дельты. При всей ограниченности и условности схема водного баланса Хорезма, составленная Поляковым, отчетливо рисует значение потерь на фильтрацию в ирригационной сети как важнейшую статью питания грунтовых вод Хорезма, которая может быть значительно уменьшена рационализацией эксплоатации и водопользования.

Режим грунтовых вод в дельте тесно связан с режимом уровня Аму-Дарьи и работой ирригационной сети и поливами. Резкие колебания горизонта Аму-Дарьи, достигающие 3 м, и соответственно большие колебания расходов (минимум 500 м³/сек, максимум 10 000—12 000 м³/сек), превышение уровнем реки в паводок уровня суши на 1—1.5 м вызывают быстрый подъем уровня грунтовых вод вдоль Аму-Дарьи в полосе шириной 1—1.5 км и подъем с запаздыванием на ряд месяцев на расстояние до 3—5 км и больше.

При общем ничтожном уклоне поверхности грунтовых вод 0.00019—0.00025 в полосе, прилегающей к Аму-Дарье, депрессионная кривая от реки имеет уклон 0.001—0.002. Максимальный уровень грунтовых вод приходится на период июнь — июль, что в приречной полосе обязано наибольшим горизонтам в реке, а в оазисе в целом — притоку оросительных и фильтрационных вод.

По химизму солей дельта Аму-Дарьи относится в целом к области хлоридно-сульфатного засоления, т. е. засоления, где преобладают

сернокислые соли над хлористыми. Лишь при самых высоких степенях засоления на неорошаемых периферических частях дельты соотношение между хлоридами и сульфатами выравнивается, либо хлориды начинают преобладать над сульфатами.

Соответственно генезису грунтовых вод соли, находящиеся в них, обязаны своим происхождением водам Аму-Дарьи. Поступление легкорастворимых солей из размываемых останцов соленосных третичных отложений имеет лишь второстепенное значение. Подсчеты Цинзерлинга показывают, что мимо пункта Керки Аму-Дарья проносит в год около 22 000 000 т растворенных солей. В море поступает из этого количества 20 000 000 т. Остается в дельтовых отложениях и в грунтовых водах нижнего течения ежегодно около 2 000 000 т солей.

Огромное испарение с поверхности открытых водоемов и с поверхности почв, имеющих близкие грунтовые воды, влечет за собой концентрирование остающихся в дельте легкорастворимых солей в грунтовых водах и особенно в поверхностных горизонтах почв.

Минерализация грунтовых вод дельты растет с удалением пункта от источников питания. Соответственно на территориях, расположенных вдоль русла реки, вблизи ее протоков, а также вдоль ирригационных каналов минерализация грунтовых вод обычно наименьшая: 0.4—0.7—1.2 г/л. Поливные районы в подавляющем числе случаев характеризуются минерализацией 2—3 и не более 5—10 г/л. Лишь в немногих случаях минерализация грунтовых вод их повышается до 10 г/л.

Неорошаемые территории среди поливных массивов в отдельных случаях имеют уже минерализацию до 20—25 г/л, хотя и здесь чаще встречаются воды с минерализацией 5—10 г/л. Неорошаемые сильнозасоленные почвы дельты имеют минерализацию грунтовых вод до 40—60 г/л, а солончаковые депрессии иногда и 130—150 г/л.

Исследования Георгиевским послойного изменения минерализации грунтовых вод установили, что в случаях высокоминерализованных грунтовых вод количество солей в них постепенно падает с глубиной. Мощность высокоминерализованного горизонта достигает 1—3—5 м, и он как бы наслоен на горизонт более пресных грунтовых вод.

Так, буровые скважины, заложенные на солончаках, показали, что поверхностный слой грунтовых вод, лежащий на глубине около 1 м, может иметь минерализацию до 15—30 г/л. Слой, лежащий на глубине 1 м от поверхности грунтовых вод, имеет уже минерализацию 12—10 г/л, а слой с глубины 10—15 м содержит солей всего лишь 1—5 г/л. На орошаемых землях вдоль каналов и особенно на плантациях риса обычно наслоение сильно опресненных вод на минерализованные. Вдоль каналов опреснение распространяется на 100—250 м. Опреснение грунтовых вод до минерализации 0.5—1.0 г/л охватывает слой грунтовых вод в 1—2 м. На рисовых плантациях толща опресненных грунтовых вод достигает, по наблюдениям Георгиевского, 5—6 м.

В соответствии с местным движением грунтовых вод от ирригационных каналов к пустующим центральным частям оазисов или к солонча-

ковым депрессиям, а также в соответствии с общим движением грунтового потока от русла реки и магистральных каналов к периферии дельты, легкорастворимые соли мигрируют и концентрируются в этих же направлениях, вызывая засоление почв пониженных пустующих внутриоазисных пространств и обширной периферической зоны контакта дельты с Кара-Кумами и Кызыл-Кумами.

Особенности гидрогеологии и геоморфологии дельты Аму-Дарьи обусловливают, как это свойственно и другим дельтам, естественную склонность ее почв на определенной стадии их развития к засолению. Повышенная минерализация вод Аму-Дарьи и экстрааридные условия усиливают и ускоряют эти процессы. Уже новейшие дельтовые наносы содержат в верхнем 1-см корочки 0.13% легкорастворимых солей (Никитин). По данным Герасимова и Ивановой, молодой аллювий в отдельных случаях накопляет в верхних горизонтах до 0.3—10% солей.

Таким образом, фаза луговых незасоленных почв в дельте Аму-Дарьи очень кратковременна, и почвообразование протекает с первых же моментов обсыхания новейшего аллювия на фоне засоления и при небольшой гумусности почв (до 2—3%). Новейший аллювий, всегда сильно карбонатный, с некоторого времени заселяется лугово-кустарниковой древесной ассоциацией, образуя так называемый тугай. Здесь сочетаются заросли урука или вейника (Calamagrostis pseudophragmites), тростника (Phragmites communis), аджрека (Aeluropus littoralis), тамарикса (Tamarix sp.) и древесных — джиды (Eleagnus angustifolia) и тополя (Populus diversifolia, Populus pruinosa).

Подобные сравнительно молодые луговые почвы дельты содержат уже до 0.5% легкорастворимых солей. Под покровом тугайной растительности на ежегодно затопляемых участках дельты формируются различные варианты лугово-болотных и луговых, быстро засоляющихся почв.

Так, почвы старотугайных пространств, покрытые мощной тугайной растительностью, содержат в верхних 10 см уже до 1—3.5% легкорастворимых солей. Более глубокие горизонты почв остаются, впрочем, сравнительно мало засоленными (0.1—0.2%). Часто при этом и грунтовые воды еще сохраняют низкую минерализацию — 3—5 г/л. По мере роста дельтовых островов и нарастающего соленакопления на их поверхности закрепляется галофитная растительность, приспособленная к большой засоленности почв. В конечном счете растительный покров чрезвычайно изреживается, и образуются сильнозасоленные, покрытые солевыми корами солончаковые почвы и солончаки. Ранее накопленный гумус при этом минерализуется, и почвы делаются почти безгумусными.

Процессы соленакопления свойственны дельте лишь в случае близкого залегания грунтовых вод — 1—1.5 м. Поэтому территории древней дельты, в частности территории Куня-Дарьинской степи, имеющей грунтовые воды на глубине больше 10 м, подверглись уже рассолению

с образованием такыровидных почв, такыров и солончаковатых сероземов.

Естественные процессы соленакопления в дельте уже в течение нескольких тысячелетий изменяются и усложняются влиянием орошения. Особенно большую роль при этом сыграл примитивный характер самих ирригационных систем и низкий уровень водопользования и агротехники, свойственные дореволюционному земледелию Средней Азии. Ирригация, увеличив поступление вместе с поливными водами масс легкорастворимых солей на дельтовую сушу, приблизив грунтовые воды к дневной поверхности и увеличив расходование их на испарение на огромном пространстве поливных оазисов, способствовала усилению естественных процессов соленакопления.

В современном распределении засоленных почв дельты, как это особенно хорошо выяснено на примере Хорезма, имеется определенная закономерность. Наименее засоленные почвы — «каирные земли», имеющие 0.15—0.20% легкорастворимых солей и пресные грунтовые воды (1—2.5 г/л), прилегают к Аму-Дарье и крупным ирригационным каналам. За этой каирной зоной степень засоления почв в общем возрастает к периферии оазиса, где в районе сбросных болот и озер и в концевых частях оросительных систем засоление почв и грунтовых вод достигает максимальных степеней. Здесь неорошаемые пухлые корковые солончаки, имеющие близкие грунтовые воды (около 2 м), содержат зачастую в верхних горизонтах до 25—40% солей. Даже нижние горизонты в этих почвах на глубине 50—70 см содержат 2—3% солей.

Староорошаемые участки в центральных и верхних частях оросительных систем, наоборот, носят признаки опреснения почв и грунтовых вод, что объясняется влиянием ежегодных промывок и усиленных поливов, применяемых на освоенных и склонных к засолению почвах. Все же и на этих почвах в конце вегетационного периода и в течение осени, а также при сухой зиме и весне происходит значительное сезонное засоление верхнего 0—5—15 см слоя, где содержание солей увеличивается до 1—1.5%. Однако более глубокие горизонты этих почв благодаря опресненности грунтовых вод засолены слабо.

Влияние орошения в сильной степени сказывается и на составе солей. Почвы и грунтовые воды староорошаемых территорий по составу солей характеризуются преобладанием сульфатов даже при большом соленакоплении. Почвы и грунтовые воды неорошаемых периферических частей оазисов, наоборот, характеризуются преобладанием хлоридов.

Обследование ВНИГИМом ряда колхозных хозяйств Хорезма установило, что состояние засоленности орошаемых почв и урожай хлопчатника зависят в огромной степени от уровня агротехники и вообще от трудовых затрат, направленных на поддержание благоприятного мелиоративного состояния земель. При низких трудовых затратах урожай хлопчатника, независимо от степени засоленности почв, снижается на 43—46% против участков, получающих высокую агротехнику, и,

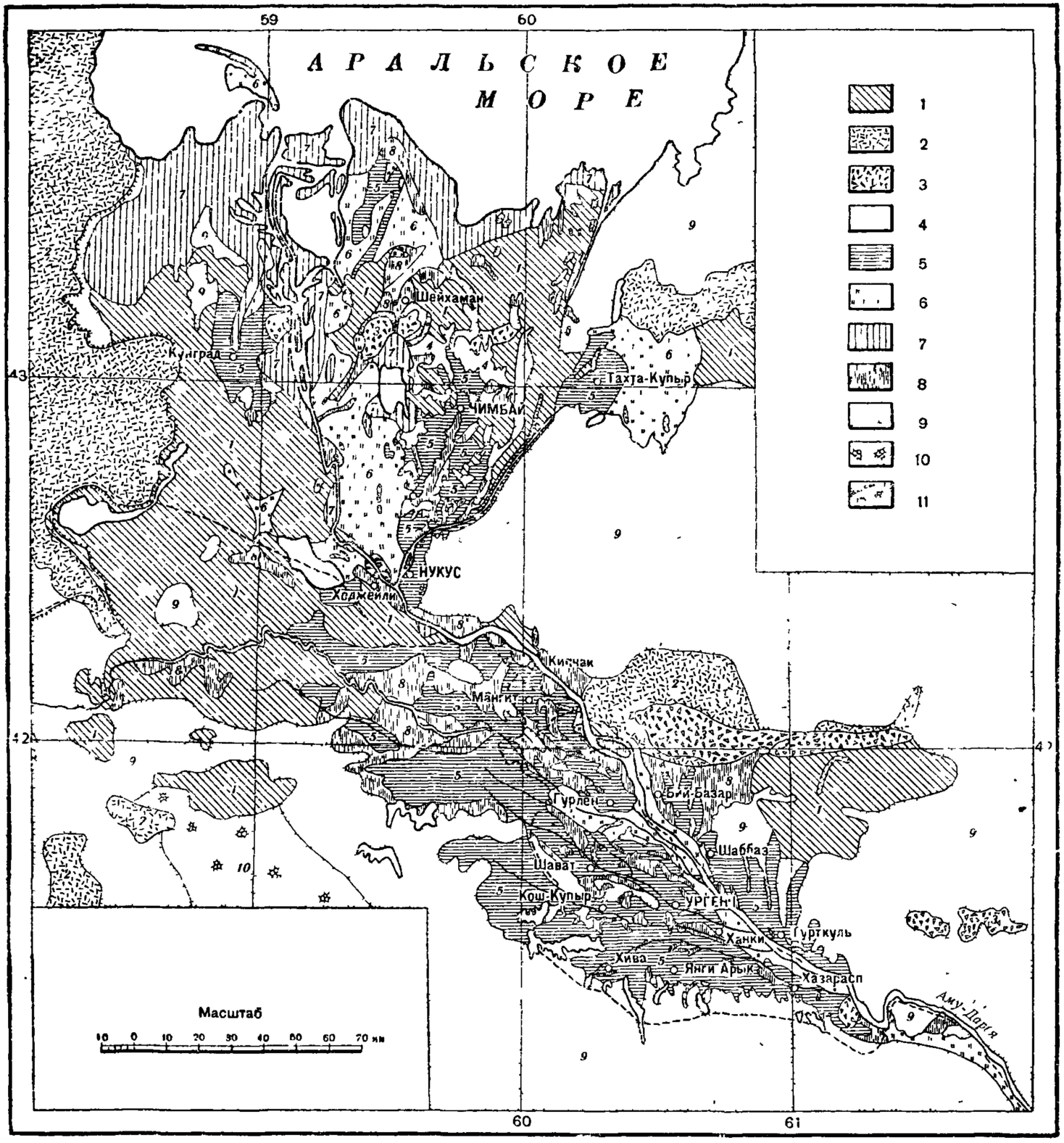


Рис 5. Почвы дельты Аму-Дарьи (Б. В. Горбунов, Н. В. Кимберг, С. А. Шувалов). Условные обозначения:

1 — примитивные такырные сероземы, местами с пятнами такыров, песков и солончаков. *2* — примитивные скелетные сероземы гипсированные. *3* — примитивные скелетные сероземы эродированные, обнажения горных пород. *4* — орошаемые, примитивные такырные сероземы *5* — орошаемые светлые луговые солончаковатые глинистые и суглинистые. *6* — аллювиальные и светлые луговые почвы солончаковатые и солончаковые. *7* — аллювиальные луговые, болотно-луговые и болотные почвы *8* — солончаки. *9* — пески. *10* — пески с пятнами такыров. *11* — примитивные сероземы песчаные и супесчаные.

наоборот, повышение уровня агротехники и общих трудовых затрат позволяет даже на засоленных орошаемых почвах увеличить урожай вдвое.

Сводные почвенно-географические материалы Института почвоведения УзАН (рис. 5) позволяют видеть, что основные поливные районы Хорезмской области повсеместно представлены светлыми луговыми обычно в той или иной мере засоленными почвами, с мощным агроирригационным горизонтом. Засоление этих почв чаще всего пятнистое.

Пространства вблизи реки с каирными землями заняты светлыми луговыми незасоленными и слабосолончаковатыми почвами. Внутриоазисные пустующие пространства, а также древнерусловые и древнеозерные впадины и, особенно, периферические части дельты заняты массивами сплошных солончаков. Площадь этих солончаков составляет не менее 30% по отношению к поверхности Хорезмской области.

По тем же почвенно-географическим материалам, составленным для районов новой дельты, можно видеть, что наиболее молодые части ее, прибрежноморские и центральные, вдоль главного русла, представлены различными формами незасоленных либо лишь в слабой степени засоленных аллювиальных луговых, болотных и болотно-луговых почв, периодически затопляемых разливами Аму-Дарьи. Дельта Аму-Дарьи имеет большие пространства неосвоенных пустующих земель (табл. 3 и 4).

Таблица 3

Земельные фонды Хорезмской области по районам, в га

(данные СоюзНИХИ, 1940 г.)

Районы	Общая площадь	Общая поливная площадь	Фактическая полив. площадь	Перелоги и залежи [1]
Хазараспский	82 480	19 072	15 302	3 564
Ханкинский	42 694	18 457	12 337	4 897
Янги-Арыкский	47 785	20 949	16 346	2 635
Ново-Ургенчский	63 409	23 492	17 714	5 912
Хивинский	48 547	16 400	14 003	1 478
Кош-Купырский	51 707	18 297	13 676	4 260
Шаватский	40 642	16 771	13 606	3 438
Мангитский	36 977	20 798	10 922	9 508
Общая площадь	414 241	154 236	113 906	35 692

Так, для Хорезма по данным табл. 3 видно, что фактически поливаемые земли составляют около 30% площади Хорезмской области. Перелоги и залежи составляют около 25% общей поливной площади. На долю солончаковых перелогов приходится около 6000 га.

[1] В этой графе помещены земли, ирригационно подготовленные и неподготовленные.

Таблица 4

Распределение общей площади земель орошаемой зоны Кара-Калпакской АССР по типам почв, в га

(данные СоюзНИХИ)

Районы	Почвы					
	Луговые почвы давнего и нового орошения частично под перелогами	Орошаемые болотные почвы	Сероземы частично орошенные	Солончаки	Пески	Итого
Турткульский	41 625	—	—	—	—	41 625
Шаббазский	22 875	—	—	11 125	2 187	36 187
Кипчакский	11 562	—	—	1 250	—	12 812
Куйбышевский	20 312	500	—	10 750	687	32 249
Ходжейлийский	11 500	—	8 125	4 187	1 875	25 687
Кегейлинский	28 062	1 625	—	13 125	4 750	47 562
Чимбайский	119 687	1 000	6 250	15 937	3 750	146 624
Гахта Купырский	42 062	—	38 875	5 750	14 437	101 124
Кара Узякский	23 437	—	46 750	20 875	10 812	101 874
Общая площадь	321 122	3 125	100 000	82 999	38 498	545 744

Среди орошенных земель наибольшую площадь занимают слабосолонные почвы Так, для Ново-Ургенчского района, изученного подробно, они составляют 83% площади Низкая агротехника и забрасывание орошенных земель в перелог, как правило, ведет к засолению почв То же имеет место с пустующими неорошаемыми почвами, среди которых преобладают сильнозасоленные Следует, однако, иметь в виду, что использование освоенных засоленных почв поддерживается только с помощью орошения, ежегодных промывок и зимних поливов, так как орошаемые почвы подвержены сильному сезонному засолению Солевой режим орошаемых почв хотя и резко меняется в зависимости от поливов, но к концу вегетационного периода степень засоления почв обычно сильно возрастает в верхних 0 5 м Еще больше увеличивается степень засоления почв в течение осени Столь интенсивное сезонное засоление орошаемых почв вынуждает на больших площадях производить ежегодные промывки для регулирования солевого режима

Поливной земельный фонд Кара-Калпакской АССР расположен в правобережной части дельты и низовьев долины Аму-Дарьи (табл 4) Здесь также преобладают луговые почвы — около 321 000 га, но особенно обращает внимание огромная площадь, приходящаяся на солончаки,— около 83 000 гектар Однако и среди луговых почв большая доля представлена засоленными почвами В качестве примера можно привести данные табл 4 а.

Таблица 4а

***Характеристика** луговых почв Кара-Калпакской АССР по степени их засоления в га* (данные СоюзНИХИ)

МТС	Засоление							
	Незасоленные		Слабозасоленные		Среднезасоленные		Сильнозасоленные	
	Орошен.	Неорош.	Орошен.	Неорош.	Орошен.	Неорош.	Орошен.	Неорош.
Турткульская	2 241	—	8 95[illegible]	—	927	1 547	664	193
Сарыбийская	—	—	2 185	—	1 241	29	1 760	—
Общая площадь . . .	2 241	—	11 140	—	2 168	1 576	2 424	193

Наибольшая доля в составе орошенных земель Кара-Калпакии приходится на слабозасоленные (0.5% солей) почвы. Среди же неорошаемых почв, как и на левобережье дельты Аму-Дарьи, преобладают среднезасоленные почвы. Засоление — хлоридно-сульфатное, содержание гипса небольшое.

В Чимбайском, Ходжейлийском, Турткульском районах неорошаемые лугово-болотные и болотные почвы составляют около 76% поверхности; здесь широко представлена культура риса.

Среди солончаков различается несколько разновидностей. Влажные и черные солончаки, покрытые камышом или аджреком, располагаются на понижениях, имеющих грунтовые воды на глубине 0.5—1.5 м. Более повышенные участки заняты пухлыми и корковыми солончаками, содержащими иногда до 25—50% легкорастворимых солей. О площадях солончаков можно судить по данным табл. 5.

Таблица 5

Солончаки Кара-Калпакской части дельты Аму-Дарьи

(данные СоюзНИХИ)

Районы	Солончаки корковые, пухлые, влажные, в га	Солончаки в комплексе с другими почвами, в га	Солончаки в % от площади неорошенных земель
Чимбайский	3 903	34 513	50.5
Ходжейлийский	6 741	2 082	15.4
Турткульский	1 188	—	12.1
Общая площадь . . .	11 832	36 595	78,0

Нужно еще упомянуть о так называемых землях древнего орошения, занимающих площадь около 200 000 га, окруженную пустыней Кызыл-кум на границах Турткульского, Шаббазского, Тамдынского районов. Почвы представлены здесь такырами и пятнами солончаков и засоленных почв на древнеаллювиальных отложениях, имеющих грунтовые воды на глубине 8—15 м.

Новое освоение в дельте Аму-Дарьи в различных частях ее будет итти различными путями. В верхней дельте (Хорезм) новое освоение должно будет итти за счет освоения внутриоазисных пустующих перелогов и целин периферии оазиса. Вследствие преобладания в числе неорошаемых ныне земель Хорезма солончаков и засоленных почв с близкими и минерализованными грунтовыми водами новое освоение в Хорезме потребует обязательного проведения многократных промывок большими нормами воды и дополнительных вегетационных поливов, а для борьбы с повышением уровня грунтовых вод и в целях выноса солей — строительства сети зауров и глубоких коллекторов.

Широкое освоение перелогов в Хорезме без этих мероприятий, сопровождаясь сокращением площади пустующих земель, являющихся испарителями грунтовых вод и регуляторами их уровня, вызовет подъем последнего, заболачивание и усиление процессов засоления. Об этом можно судить по опыту 1927—1932 гг. (Георгиевский, Спенглер). За этот период площадь орошаемых земель в Хивинском районе увеличилась на 63%, а в Хазараспском — на 13%. В то же время начал заметно повышаться уровень грунтовых вод. В 1932 г. в среднем по этим двум районам уровень грунтовых вод поднялся на 0.5—1.0 м. Подъем грунтовых вод на ряде массивов сопровождался усилением засоленности почв и грунтовых вод.

Новое освоение в Куня-Дарьинской древнедельтовой части потребует иных подходов и иных мероприятий. К настоящему времени здесь орошается лишь восточная часть Куня-Дарьинской равнины. Западная же часть в течение последних столетий не орошается. По равнинности рельефа, глубокому залеганию уровня грунтовых вод (15—30 м) и сравнительно небольшой засоленности почв новое освоение здесь встретит более благоприятные условия. Лучшие массивы возможного нового орошения представлены, по данным Л. П. Розова, слабосолонцеватыми сероземами на слоистых суглино-супесчаных отложениях в урочище Уаз и Сипай-Яб (60 000 га).

Неплохим массивом являются площади солонцеватых сероземов в комплексе с засоленными сероземами в этих же районах (площадь 21 000 га). Хотя часть этих территорий, возможно, и потребует промывок, проведение последних, по Л. П. Розову, не встретит затруднений, так как уровень грунтовых вод залегает глубоко. Отрицательным моментом является солонцеватость сероземов (щелочность 0.07—0.1% HCO_3), которая при промывках и поливах, вследствие малой гипсоносности, может усилиться и вызвать угнетение хлопчатника. Поэтому, воз-

можно, потребуется местное небольшое гипсование наиболее солонцеватых разновидностей почв.

Кроме солонцеватых и солончаковатых сероземов, здесь широко представлены пески, такыры и солончаки. Площадь такыров исчисляется в 73 000 га. Вследствие отрицательных агро- и гидрофизических свойств такыры не следует включать в территории освоения первой очереди. В случае же необходимости их освоения они потребуют значительных вложений труда и средств на их мелиорацию (пескование, внесение навоза, гипса, иногда промывки) и последующее окультивирование.

Солончаковые массивы, содержащие до 3—5% солей, в числе которых преобладают хлориды, занимают обычно бессточные понижения, сложенные тяжелыми глинами и суглинками, и для своего освоения потребуют многолетних промывок и дренажа.

Весьма сложные условия для нового освоения представлены в нижней дельте Аму-Дарьи. Здесь господствует современное засоление, и использование земель в орошаемом хозяйстве поддерживается за счет невысокого коэффициента земельного использования (25—30%). Новое освоение здесь пойдет за счет вовлечения в хозяйство засоленных перелогов и целин, что потребует многолетних промывок, усиленного режима орошения и — в связи с этим — работающей сети зауров и коллекторов, без которых грунтовые воды будут повышаться, а процессы засоления усилятся. Остро стоят здесь вопросы борьбы с разливами и блуждании русла реки Аму-Дарьи.

3. Важнейшие мероприятия по борьбе с засолением почв в дельте Аму-Дарьи (Хорезм, Кара-Калпакия)

Мелиоративное состояние Хорезма и Кара-Калпакии за военные годы ухудшилось вследствие того, что грунтовые воды на большей части орошенной территории поднялись против предшествовавшего периода на высоту до 1 м.

Одной из главнейших причин этого является избыточный водозабор и водопотребление, достигшие в последний период (к 1942 г.) 24 000 м³/га брутто, что почти вдвое превышает действительную потребность в воде.

Большое значение в подъеме уровня грунтовых вод имело широкое освоение перелогов и увеличение КЗИ при плохом состоянии коллекторной сети, а также введение самотечного орошения без правильной организации экономного планового водопользования. Глубокие не инженерного типа каналы, из которых вода подавалась с помошью чигирей и которые после оросительного периода играли роль дрен, в настоящий период переустроены и заменены сетью каналов, проведенных в дамбах и рассчитанных на самотечное орошение. Эта сеть каналов не только не обладает дренирующим эффектом, но оказывает сильное подпитывающее влияние на грунтовые воды.

Беспорядочное рисосеяние на многочисленных распыленных участках и поливы пропашных культур затоплением также в значительной степени способствуют высокому залеганию уровня грунтовых вод, поддерживая заболоченность и способствуя развитию засоления.

Поэтому главнейшим мероприятием по предотвращению и борьбе с засолением почв в низовьях Аму-Дарьи должно явиться жесткое сокращение суммарной годовой водоподачи в головах систем — до величин не выше 13 000—15 000 м³/га брутто, включая промывки и зимние поливы, и строгое ограничение подачи воды хозяйствам в соответствии с плановой потребностью и почвенными условиями.

Необходимо добиться значительного снижения оросительных норм и числа поливов, введя повсеместно для пропашных культур (прежде всего хлопчатника) полив по бороздам без сброса. На почвах сильного сезонного засоления, однако, необходимо проектировать на 1—2 вегетационных полива больше обычного и 1—2 зимних полива для регулирования солевого режима этих почв.

Распределение посевов риса следует коренным образом пересмотреть и сосредоточить их большими массивами на периферии орошаемых территорий, на заболоченных землях, имеющих отток грунтовых вод. Поливы риса должны быть рационализированы путем введения периодического затопления (прерывистые поливы), что позволит в значительной степени уменьшить расход воды на рисовниках.

Вторым и столь же важным мероприятием является общее снижение уровня грунтовых вод и организация их оттока сетью глубоких, исправно действующих коллекторов и на ряде сильнозасоленных массивов дрен. Так как Хорезм и Кара-Калпакия расположены в типичной дельтовой области, склонной к естественному засолению, то борьба с засолением одними методами эксплоатационного характера не может здесь дать устойчивого полноценного эффекта.

Снижение уровня и отвод грунтовых вод особенно необходимы в связи с задачей освоения перелогов и введения правильных севооборотов, что потребует промывок засоленных почв. Необходима также мелкая осушительная сеть для спуска сбросных озер и болот, являющихся также очагами засоления в дельте. Должно быть предусмотрено также строительство дрен и коллекторов для водоотвода с полей, занятых культурой риса. Расширение орошения в дельте без развитой сети глубоких коллекторов и на отдельных солончаковых массивах дрен поведет лишь к подъему грунтовых вод и общему ухудшению мелиоративного состояния оазисов.

Имеющаяся в Хорезме, Ташаузе и Кара-Калпакии сеть коллекторов, дрен и водосбросов находится в запущенном состоянии, не расчищена, заросла тростниками, имеет пробки и оплывины. Многие зауры являются тупиковыми.

Поэтому одной из важнейших задач по предотвращению и борьбе с засолением в ближайший период является поддержание существующей дренажно-коллекторной и сбросной сети в рабочем состоянии, для

того чтобы обеспечить их бесперебойную работу и полный вывод грунтовых, промывных и сбрасываемых с рисовых полей вод.

Большую и положительную роль в понижении грунтовых вод в низовьях Аму-Дарьи сыграет введение и жесткое выполнение периодического полного закрытия всей ирригационной системы в конце поливного периода и после проведения промывок каждый раз на срок один-полтора месяца. Весной в течение этого времени должны выполняться все необходимые работы по очистке, оправке и ремонту ирригационной сети. Прекращение допуска воды в ирригационную сеть дважды на протяжении гидрологического года в значительной степени уменьшит питание грунтовых вод за счет фильтрации из каналов.

Параллельно должны осуществляться работы по устранению неинженерных элементов в системах и постепенному превращению их в системы, позволяющие регулирование, нормирование и контроль водопользования в оазисах.

Катастрофические паводки Аму-Дарьи в низовьях с прорывом дамб и затоплением огромных пространств не только наносили огромные потери хозяйству, но и вызывали заболачивание, поднимали грунтовые воды и способствовали развитию засоления. Поэтому для ирригационных оазисов низовьев Аму-Дарьи неотложным мероприятием будет также восстановление и поддержание в идеальном порядке береговых дамб для защиты от паводков.

4. Дельта рек Куры и Аракса (Кура-Араксинская низменность)

Кура-Араксинская низменность является главнейшим в Закавказье районом орошаемого земледелия и культуры хлопчатника. По климатическим условиям Кура-Араксинская низменность характеризуется следующими данными: средняя годовая температура около 15°, среднее годовое количество атмосферных осадков около 240 мм, продолжительность безморозного периода около 290 дней, годовое испарение, по Вильду, 800—1100 мм, испарение в летние месяцы 100—130 мм.

Кура-Араксинская низменность является общей аллювиально-дельтовой равниной рек Куры и Аракса (Муганская, Мильская, Сальянская степи). Остатки тугайной, древесной и луговой растительности (пальчатка, аджрек, тополь), реликтовые черты в почвенном покрове, явно выраженные остатки луговых гумусных почв в чалах (понижениях мезорельефа), своеобразный аккумулятивный рельеф и наносы — все это свидетельствует о том, что в сравнительно недавнем прошлом Кура-Араксинская дельта была покрыта лугово-тугайной растительностью и малозасоленными луговыми почвами.

Грунтовые воды на большей части низменности залегают на глубине 2—3 м, поднимаясь в отдельных случаях до 0.5 м от поверхности и углубляясь в подгорных районах до 10—30—50 м. Средний уклон поверхности грунтовых вод 0.0001—0.0002. В подгорных делювиально-про-

лювиальных равнинах уклон поверхности грунтовых вод возрастает до 0.002—0.004.

В собственно дельтовой части Кура-Араксинской низменности уровень грунтовых вод зачастую залегает ниже реки Куры, а в ряде участков и ниже уровня Каспийского моря, со стороны которых грунтовые воды испытывают подпор и пополняются за счет инфильтрации. Уровень грунтовых вод подвержен сильным колебаниям. Средняя амплитуда колебания уровня грунтовых вод равна 1 м. Весной и летом на орошаемых территориях преобладают глубины грунтовых вод порядка 1—2 м. В ноябре уровень грунтовых вод на большей части территории опускается до 2—3 м (Коробкин, 1939).

В связи с этими основными источниками питания грунтовых вод дельты, по данным Саваренского, Приклонского и Победоносцева, являются инфильтрация со стороны Аракса, Куры и частью — Каспийского моря, поступления со стороны делювиально-пролювиальных областей, окаймляющих низменность, инфильтрация избыточно-оросительных вод и потери в ирригационной сети. Существенное значение в питании и режиме грунтовых вод имеют атмосферные осадки, а также восходящие воды грязевых сопок и грифонов.

При общей бессточности дельты ее водный баланс в целом регулируется в основном испарением и транспирацией, а также слабым оттоком в подгорных равнинах.

Общее стадийное засоление почвенного покрова в дельте Куры и Аракса проявилось, повидимому, значительно сильнее и раньше, чем в дельтах Аму-Дарьи, Волги и других рек этого пояса. Это может быть обусловлено несколькими причинами.

После ледникового периода на Кавказе режим стока рек Куры и Аракса подвергся сильным изменениям; сток сократился в несколько раз, что повлекло за собой ослабление ежегодных затоплений дельты.

Прилегая к склонам Кавказского хребта, Кура-Араксинская дельта вместе со всем побережьем Каспия затронута, повидимому, частичным общим подъемом местности, что проявилось в относительно большем опускании базиса эрозии. Этому же способствовало сокращение Каспия в последний период четвертичного времени. Опускание же базиса эрозии ускорило обсыхание дельты. Дельта Куры и Аракса выполняет своими наносами один из древних заливов Каспия, обладавший, повидимому, высокоминерализованными водами подобно заливу Кзыл-Агач. Это вызвало очень высокую засоленность отложений на толщу до 40—50 м. Как показали заложенные здесь глубокие буровые скважины, минерализация грунтовых вод до этих глубин держится на уровне 40—60 г/л, что свидетельствует о засоленности глубоких горизонтов

Кура-Араксинская низменность окружается горными сооружениями, в которых большую роль играют третичные и раннечетвертичные соленосные отложения, являющиеся современным мощным источником легкорастворимых солей. Специфическую и весьма большую роль для части Кура-Араксинской низменности играют грязевые вулканы, сопки и

грифоны, непрерывно поставляющие концентрированные солевые растворы в дельту (главным образом $MgCl_2$ и $NaCl$). Как доказано исследованиями Ф. П. Саваренского и В. А. Приклонского, грунтовые воды низменности питаются в основном Курой и Араксом. Минерализация же самих вод Куры (0.2—0.3 г/л) и, в особенности, Аракса (0.3—0 5 г/л) отличается величинами заметно бо́льшими, чем воды Волги и Терека. Все вместе взятое усилило и ускорило наступление стадии резко выраженного засоления дельтовых почв и усилило степень проявления этой засоленности.

Хозяйственная деятельность человека так, как она складывалась в Кура-Араксинской низменности, могла только содействовать усилению процессов соленакопления. Вековой традицией для Закавказья было использование роскошных выпасов Кура-Араксинской низменности для бесчисленных стад овец, пригонявшихся с различных частей Закавказья и особенно Ирана. Эти неумеренные выпасы, уничтожая растительный покров, уплотняя и обесструктуривая почвенные поверхностные горизонты, должны были активизировать естественно текущие процессы соленакопления в луговых почвах дельты. Регулирование стока Аракса, борьба с губительными прорывами его вод на территории дельты с помощью системы обвалований имело большое положительное значение в смысле охраны интересов населения, но оно сыграло также свою роль в усилении процессов соленакопления, поскольку прекратилось промывающее влияние паводков.

Господствовавшее до недавнего времени в Кура-Араксинской низменности так называемое чальное орошение, являющееся подражанием стихийным паводкам и сопровождавшееся затоплением огромными массами воды депрессий (чал) на поверхности дельты, приводило также к поддержанию грунтовых вод на высоком уровне и к поддержанию процессов засоления.

В современный период Кура-Араксинская низменность характеризуется некоторым недостатком оросительной воды вообще и особенно в летнее время (июль — август). При близких и практически бессточных грунтовых водах Кура-Араксинской низменности, при их высокой минерализации это обстоятельство в современных условиях также весьма активизирует процессы засоления.

Все это вместе привело к тому, что в Кура-Араксинской низменности процессы соленакопления развиты исключительно сильно. Так, подсчеты Димо и Волобуева установили (табл. 6), что около одной четверти всей территории низменности имеет минерализацию грунтовых вод в пределах 50—100 г/л и около 68% поверхности имеет минерализацию грунтовых вод более 10 г/л.

Минерализация грунтовых вод Мугано-Сальянского массива еще выше. Здесь территории с содержанием солей в грунтовых водах в количестве больше 10 г/л составляют около 85% и 9% поверхности имеют грунтовые воды с минерализацией более 100 г/л. Минерализация грунтовых вод, по данным Волобуева, наибольших величин достигает в

Центральной Мугани (200—300 г/л), в солончаках Мильской степи (Шор-гель) и Мугани (Гаджи-Елчи) и в приморской зоне Сальянской степи (160—170 г/л).

Таблица 6

Данные о минерализации грунтовых вод Кура-Араксинской низменности, в %

Градации, в г/л	Вся низменность	Мугано Сальянский массив	Ширванский массив
До 2	14.27	—	6.42
2—5	7.06	—	8.61
5—10	10.91	15.58	8.61
10—50	39.99	34.41	58.35
50—100	24.78	41.01	17.53
Больше 10)	2.99	9.00	0.48

Соответственно высокому уровню и крайне высокой минерализации грунтовых вод в почвенном покрове низменности засоленные почвы занимают исключительно большое место.

Впервые общая схема засоления Кура-Араксинской низменности была дана С. И. Тюремновым, который подразделил низменность на 5 районов:

а) Районы незасоленных почв (меньше 0.15—0.20%), не имеющие солончаков. Охватывают территорию южной части Мильской степи, южную часть Муганской степи и восточную часть степного нагорья.

б) Районы очень слабо засоленных почв. Охватывают территорию возвышенной части Мугани и западную часть степного нагорья.

в) Район слабо засоленных почв в пределах корнеобитаемых горизонтов. Охватывает территории северной Ширвани по берегам Куры.

г) Район сильно засоленных, вплоть до поверхностных горизонтов, почв. Охватывает южную и юго-восточную Ширвань, низменную часть Мильской степи, всю Муганскую и Сальянскую степи.

д) Район широкого развития сплошных солончаков. Тяготеет к побережью Каспия.

Тюремновым же впервые показано, что степень засоления и содержание хлоридов в почвах и грунтовых водах нарастает к морю.

Позднее химизм засоления почв Кура-Араксинской низменности и Азербайджана в целом был уточнен В. Р. Волобуевым (1945).

Как следует из рис. 6, химизм засоленных почв Кура-Араксинской низменности отличается значительной сложностью.

Районы с наибольшим накоплением хлоридов в грунтовых водах и почвах Кура-Араксинской низменности приурочены к центральным частям ее, Юго-восточной Ширвани, Прикаспийской низменности и Сальянской степи. Периферические районы Кура-Араксинской низменности, переходящие в предгорные равнины, характеризуются широким распространением и преобладанием сульфатного засоления.

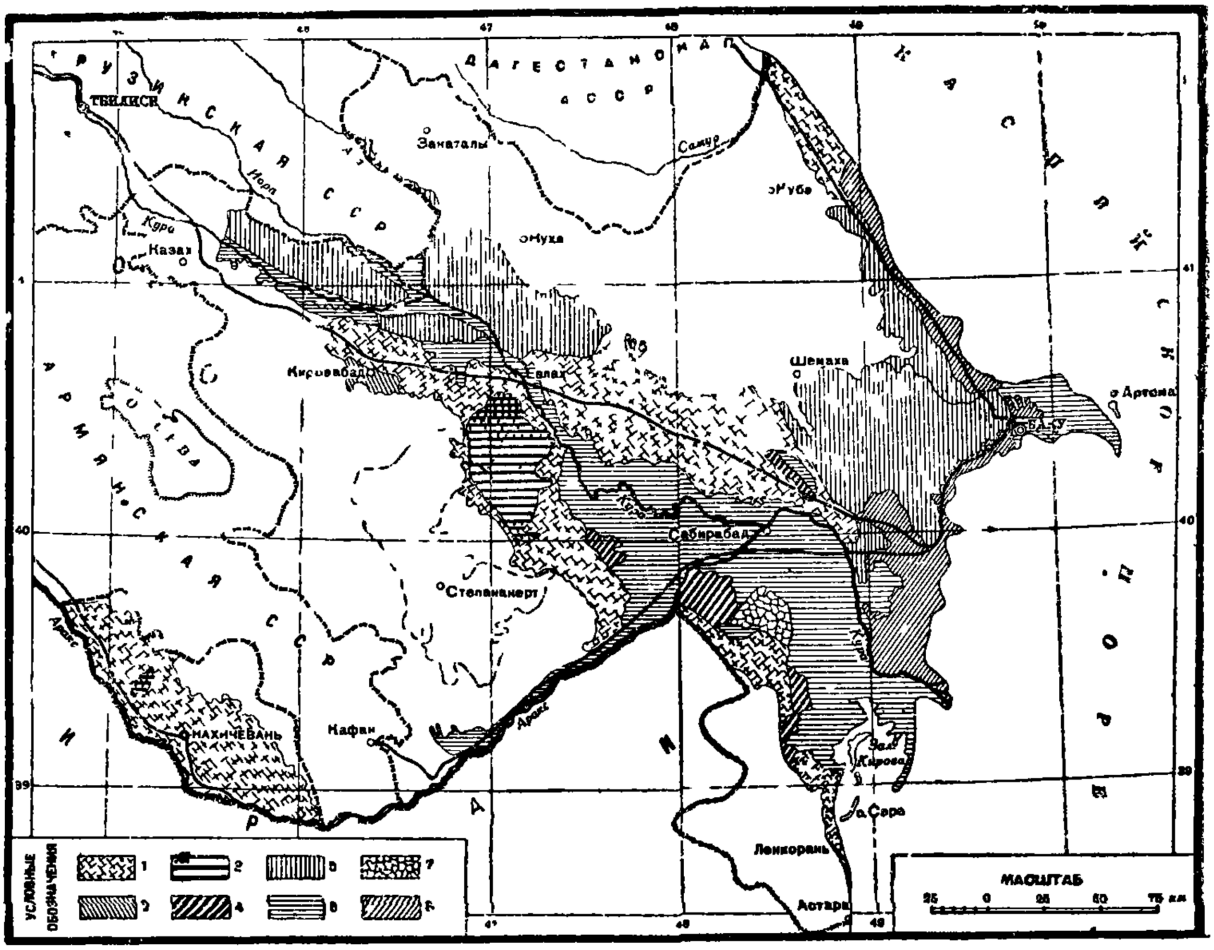


Рис. 6. Схема засоления почв Азербайджанской ССР (Волобуев, 1945). Условные обозначения·

1 — сульфатное засоление (Cl SO_3 в среднем < 0 5) *2* — такое же засоление, но с накоплением гипса *3* — такое же засоление с накоплением карбоната кальция *4* — хлоридно-сульфатное засоление (Cl SO_3 = 0 5 — 1 0) *5* — смешанное сульфатное и хлоридно-сульфатное засоление (Cl SO_3, в среднем 0 5) *6* — смешанное сульфатное, хлоридно-сульфатное и сульфатно-хлоридное засоление (Cl SO_3 в среднем 1 °). *7* — сульфатно-хлоридное засоление (Cl SO_3 = 1 5 — 2 0) *8* — смешанное сульфатно-хлоридное и хлоридное засоление (Cl SO_3 в среднем 1 8)

Таблица распределения типов солевых составов по отдельным районам, в %

Наименование районов	Соотношение Cl SO_3					
	< 0 5	0 5—1 0	1 0—1 5	1 5—2 0	2 0—2 5	> 2 5
Предгорные равнины М Кавказа	82	12	—	6	—	—
Конусы выноса Ширванских рек	81	11	8	—	—	—
Третичное плато и Кабристан	58	34	8	—	—	—
Центрально аллювиальная низменность	21	29	17	12	21	—
Сальянская степь . .	11	30	3/	13	6	6
Юго-восточная Ширвань и Прикаспийская низменность	3	11	29	19	8	3

По химизму солей собственно дельтовые области Кура-Араксинской низменности должны быть отнесены к провинциям сульфатно-хлоридного и хлоридного засоления. Содержание хлоридов в грунтовых водах и почвах дельты намного превышает обычное содержание их в других орошаемых оазисах СССР.

Специфической особенностью низменности является солонцеватость многих глинистых почв, достигающая иногда больших степеней и затрудняющая окультивирование и обработку.

По подсчетам Н. А. Димо и В. Р. Волобуева, незасоленные почвы, расположенные в естественно-дренированных условиях всей низменности, составляют всего лишь около 30% поверхности — 724 500 га. Вся остальная площадь вместе с прилегающими к ней подгорными равнинами, равная 1 760 000 га, представлена почвами различной степени засоленности. Подробные данные о земельном фонде Кура-Араксинской низменности приведены в табл. 7.

Таблица 7

Земельный фонд Кура-Араксинской низменности по степени засоленности и потребности в мелиорациях

(данные Н. А. Димо)

Характеристика земельного фонда	Колнчество	
	га	%
Общая площадь низменности с прилегающими покатостями (брутто)	2 474 200	100
Земель незасоленных, расположенных на грунтах естественно-дренированных	724 500	29.28
Земель слабозасоленных с содержанием солей 0.25—0.5% в 2.5—3.0-метровой толще	538 750	23.79
Земель засоленных в пределах 0.5—1% на 2.5—3.0-метровую толщу	393 750	16.11
Земель сильнозасоленных и солончаковых с содержанием солей 1—2% и более	397 200	16.06
Земель избыточно увлажненных, нуждающихся в осушительных мероприятнях	168 550	6.82
Различных неудобных земель: пески, высокие неполивные земли, озера, реки, злостные солончаки и др.	196 450	7.94

Сопоставляя земельные фонды различных частей низменности между собой, Н. А. Димо считает, что лучшим земельным фондом обладают Ширванская и Карабахская степи, расположенные в подгорных равнинах; почвенный покров Мильской степи, Прикуринской полосы Ширвани и северной Мугани обладает средними качествами. Худшими земельными фондами обладают Центральная и Южная Мугань, Юго-восточная Ширвань, Сальянская степь и Ленкораньская Мугань, т. е. территория дельтово-аллювиальной равнины.

Результаты подсчета земельного фонда по Мугани в целом установили, что незасоленные почвы, т. е. содержащие менее 0.3% солей, занимают лишь 15% поверхности, или около 70 000 га. Все остальные земли Мугани относятся к категории засоленных, причем группа сильнозасоленных, содержащих до 0.5—3% солей, составляет около 61%—290 000 га (табл. 8).

Таблица 8

Земельный фонд Муганской степи
(данные Н. А. Димо)

Характеристика земельного фонда	Количество	
	га	%
Земель незасоленных, содержащих солей не более 0.3%	70 109	14.83
Земель слабозасоленных, содержащих солей не более 0.3—0.5%	81 891	17.32
Земель засоленных, сильнозасоленных и солончаковых, содержащих солей 0.5—3%	290 980	61.55
Земель избыточно увлажненных	19 820	4.20
Злостных солончаков и неудобных земель	9 900	2.10
Итого	472 700	100

Не меньшей засоленностью характеризуется и земельный фонд Сальянской степи. Так, по подсчетам А. С. Преображенского, неудобные земли, требующие легких и тяжелых мелиораций, в сумме составляют около 80% поверхности Сальянской степи (табл. 9).

Таблица 9

Земельный фонд Сальянской степи
(данные А. С. Преображенского)

Характеристика земельного фонда	Количество	
	га	%
Земли, не требующие мелиораций	24 200	18.60
Земли, нуждающиеся в легких мелиорациях	29 538	22.70
Земли, нуждающиеся в сложных мелиорациях	41 283	31.74
Земли неудобные	35 082	26.96
Итого	130 103	100

В развитии современного состояния засоленности почв Кура-Араксинской низменности, на фоне ее общей склонности к естественному соленакоплению, за последние 40—50 лет решающую роль сыграло орошение, сопровождавшееся целым рядом грубейших ошибок (недоучет

естественной засоленности и недренированности низменности, чальное орошение диким напуском, избыточный водозабор и сброс неиспользованных вод, отсутствие развитой армированной оросительной сети, недостаточность и низкий уровень эксплоатации существующей коллекторной сети, отсутствие правильных севооборотов и др.).

Благодаря многолетним исследованиям В. Р. Волобуева, к настоящему времени можно нарисовать себе ясную картину масштабов и темпов развития засоления в Кура-Араксинской низменности после начала широкого орошения.

Первые признаки катастрофического роста засоления орошаемых почв отмечены в Мугани в 1903 г. В последующие годы степень и площадь засоления орошаемых земель непрерывно нарастали, выводя из строя освоенные земельные участки, а во многих случаях и глинобитные постройки. Особенно сильный прирост засоленных земель в Северной Мугани и гибель хлопчатника имели место, по наблюдениям Н. А. Лебедева, в засушливый 1916 год, которому предшествовал период обильного затопления орошаемых земель паводковыми водами 1915 г.

К 1916 г. площадь пустующих вследствие засоления земель достигла в Северной Мугани 60%. В дальнейшем на Мугани, по данным инж. Говерта, продолжался интенсивный прирост засоленных земель с ежегодным выпадом из хозяйственного оборота 600—1000 га. Если в 1925 г. площадь засоленных почв на Мугани занимала 25.6% орошаемой территории, то к 1930 г. она увеличилась до 32.6%. К настоящему же времени засеваемая площадь в Северной Мугани составляет всего лишь 32.2% (В. Р. Волобуев).

Динамика роста засоления почв за 30-е годы выяснена В. Р. Волобуевым путем сопоставления почвенных карт Мугани съемки 1934—1935 гг. и 1939 г. В Северной Мугани в 1934—1935 гг. незасоленные и слабозасоленные почвы составляли в районе съемок 48 3%. В 1939 г. их площадь уменьшилась до 34.8%, т. е на 13.5%. В среднем сокращение площади незасоленных и слабозасоленных почв выражалось величиной 3% в год.

Как показало сопоставление данных анализа водных вытяжек из разрезов, заложенных на одних и тех же точках в 1934—1935 гг. и в 1939 г, процесс засоления почв в Северной Мугани сопровождался как общим увеличением запаса солей в толще почвы над грунтовой водой, так и в особенности накоплением солей в верхних 0—50 см почвы. Так, в 1934—1935 гг. в среднем в толще 0—100 см содержалось 0.83% солей; в 1939 г. запас солей увеличился до 0.98%, т. е. на 0.15%. Таким образом, увеличение запаса легкорастворимых солей в 1-метровой толще протекало со скоростью 4.5% в год. За этот же период в толще 0—50 см содержание солей увеличилось с 0.78% до 1.04%, т. е. на одну треть — 0.26%. Следовательно, средняя скорость накопления солей в толще 0—50 см составляла за пятилетие 8% в год.

По данным В. Р. Волобуева, интенсивность процесса засоления в Се-

верной Мугани протекает различно в зависимости от почвенных и хозяйственных условий. Староорошаемые участки, расположенные на почвах сравнительно легкого механического состава и главным образом на повышенных элементах мезорельефа, во многих случаях не обнаруживают роста засоленности и даже, наоборот, носят признаки рассоления. Объясняется это влиянием ежегодных зимних аратов и поливов на фоне местного слабого оттока грунтовых вод и перераспределения солей на пустующие пониженные территории глинистых чальных почв.

Южная Мугань, занимая более повышенные и древние пространства Кура Араксинской низменности, до начала орошения характеризовалась высокой остаточной засоленностью, солонцеватостью и вместе с тем слабым общим рассолением почв.

По данным Лебедева, в 1915 г. площадь солончаковых почв в Южной Мугани составляла всего 7.5%. В 1916 г. площадь солончаков возросла уже до 68.9%. Таким образом, здесь имело место типичное вторичное засоление, выражающееся в наложении современного солончакового процесса после начала орошения на рассолявшиеся до того солонцы и солонцеватые почвы.

По данным В. Р. Волобуева, который произвел сопоставление почвенных карт 1931 и 1937 гг., вторичное засоление почв за этот период продвинулось вверх по склону от Азизбековского коллектора к Азизбековскому каналу на 0.5—2 км, а отдельными пятнами и дальше

По данным гидрогеолога Кулошвили (1938), одновременно с этим произошло значительное увеличение минерализации и содержания хлоридов в грунтовых водах. Катастрофический характер роста вторичного засоления в Южной Мугани объясняется как грубейшими недостатками эксплоатации и водопользования, так и господством исключительно тяжелых по механическому составу глинисто-солонцеватых грунтов, затрудняющих какой-либо отток грунтовых вод.

В последние годы процесс вторичного засоления охватил также и Милскую степь (районы 6 и 7 распределителей канала им. Орджоникидзе).

По данным В. А. Приклонского, до орошения грунтовые воды в этом районе находились на глубине 10—20 м. В 1929 г. они поднялись до 9.5—14 м, в 1940 г.— до 5—13 м и, наконец, в 1943 г. на многих участках — до 1.5—3 м (А. С. Преображенский, В. Р. Волобуев).

За этот же период минерализация грунтовых вод с 1.7—5.8 г/л поднялась до 50—55 г/л.

Последние наблюдения В. Р. Волобуева (1943) установили, что, несмотря на значительное улучшение в эксплоатации, водопользовании и технике орошения, процессы засоления почв в Кура-Араксинской низменности продолжаются. В наибольшей степени они выражены в Сальянском, Хилинском и Сабирабадском районах. Следует ожидать дальнейшего усиления засоленности почв в Южной Мугани. Отмечается засоление староорошаемых почв на Апшероне в связи с применением для полива минерализованных колодезных вод.

Ухудшение мелиоративного состояния Кура-Араксинской низменности в последние годы обязано продолжающимся нарушениям правил рационального водопользования и эксплоатации (избыточные поливные нормы и излишние поливы, излишне и неправильно производимые промывки, избыточный водозабор и сброс воды на дороги и понижения, запущенность дренажно-коллекторных сооружений и неправильная их эксплоатация, фильтрация воды из каналов).

Из общей площади земель Кура-Араксинской низменности 2 474 000 га фактически орошалось к началу Отечественной войны лишь около 300 000 га, т. е. около 13% всего земельного фонда.

Расширение орошаемой площади в Кура-Араксинской низменности может пойти, в первую очередь, за счет использования обарыченной неполивной площади, составляющей 225 000 га, т. е. 10% всего земельного фонда. Как использование обарыченной неполивной площади, так и дальнейшее развитие орошаемого земледелия в Кура-Араксинской низменности принуждено итти в основном за счет освоения сильнозасоленных почв с близкими солеными грунтовыми водами. Эти почвы, как правило, требуют больших мелиоративных работ, промывок и глубокого дренажа.

По составу солей грунтовые воды и засоленные почвы Кура-Араксинской низменности резко отличаются от остальных районов орошаемого земледелия Советского Союза исключительно высоким накоплением хлористого натрия и хлористого магния. Сернокислые соли и в особенности гипс занимают подчиненное место в составе солей. Лишь отдельные районы, преимущественно периферические, прилегающие к предгорным покатостям, отличаются большим содержанием сульфатов и гипсоносностью. В последних случаях образуются почти чистые гипсовые аккумуляции, так называемая гажа. Высокое содержание сернокислых солей характерно также для солончаков Южной Мугани.

Обилие хлористого натрия в засоленных почвах и грунтовых водах Кура-Араксинской низменности обусловливает при малой гипсоносности грунтов склонность почв к солонцеватости, особенно в первые моменты после промывок солончаков. Поэтому при освоении засоленных почв Кура-Араксинской низменности необходимо обязательно предусматривать мероприятия по борьбе с солонцеватостью (внесение гажи, гипсование, внесение навоза, оставление почв на перегар).

5. Главнейшие мероприятия по борьбе с засолением почв Кура-Араксинской низменности

Находясь по своим климатическим условиям в районе, чрезвычайно благоприятном для широкого возделывания длинноволокнистых сортов хлопчатника (си-айленд, египетский), Кура-Араксинская низменность вследствие крайне высокой засоленности почв отличается очень низкими урожаями хлопчатника вообще (не выше 10—16 ц/га), большими поте-

рями урожая на среднезасоленных почвах (30—60% нормального) и низким качеством волокна хлопчатника.

Сопоставляя технический уровень орошаемого земледелия Кура-Араксинской низменности и Средней Азии, следует отметить, что для Кура-Араксинской низменности характерно известное техническое отставание как в состоянии ирригационной сети (недостаточность сети распределительных, отводных и оросительных каналов) и технике полива (затопление, чальный полив), так и в агротехнике и, в особенности, в отсутствии севооборота. Существующая (построенная за годы советской власти) коллекторная сеть не достаточна и, кроме того, вследствие запущенности, функционирует плохо, так как регулярная расчистка, прокосы коллекторов и устранение перемычек не производятся.

Между тем пример Муганской опытно-мелиоративной станции показал, что исправная, хорошо действующая глубокая дренажно-коллекторная сеть обеспечивает возможность полного устойчивого рассоления сплошных солончаков и минерализованных грунтовых вод и создания тем самым условий для получения высоких урожаев сельскохозяйственных растений.

Природная склонность почв Кура-Араксинской низменности к сильному засолению приводит к тому, что при существующей технике орошения освоенные земли в течение нескольких лет выпадают из сельскохозяйственного оборота. В итоге до последнего времени здесь сохранилось «бродячее» землепользование и переложное земледелие. Хозяйства принуждены забрасывать ранее освоенные земли вследствие их засоления и переходить на новые территории. Коэффициент земельного использования территории не превышает 25—30%, понижаясь иногда до 15%. Переложное земледелие мешает введению правильных севооборотов, поддерживая монокультуру.

В предстоящем развитии орошаемого земледелия Кура-Араксинской низменности на базе Мингечаурской плотины борьба с засолением почв должна будет занять особо важное место. Трудность решения этой проблемы заключается в том, что Кура-Араксинская низменность, как дельтовая область, расположенная в пустынном климате, обладает естественной резко выраженной склонностью к засолению и широким распространением злостных солончаков. Поэтому борьба с засолением здесь должна быть направлена п р о т и в тенденции естественных процессов соленакопления.

Ведущее значение поэтому в борьбе с засолением почв Кура-Араксинской низменности должны занять мероприятия по активному снижению уровня грунтовых вод и увеличению их стока с помощью развитой сети глубоких коллекторов и глубокого дренажа.

Ближайшим первоочередным мероприятием в этом же направлении является приведение в рабочее состояние существующей коллекторной сети и обеспечение ее бесперебойной эксплоатации.

Роль глубокой исправно действующей дренажно-коллекторной сети в Кура-Араксинской низменности особенно велика, так как устойчивое

освоение ее почв, отличающихся, как и грунтовые воды, крайне высокой засоленностью, без дренажа невозможно, исключая случаев освоения повышенных частей и при низком к. з. и.

Использование засоленных почв в настоящее время и в течение некоторого времени после постройки дренажа требует для подготовки почв к вегетационному периоду зимних промывок или аратов, с целью рассоления корнеобитаемых горизонтов.

На дренажно-коллекторную сеть, таким образом, ложится задача отвода грунтовых вод, неизбежно поднимающихся под воздействием промывок и аратов.

Там, где араты даются при отсутствии дренажа, происходит прогрессивное засоление неосвоенных соседних территорий, испаряющих грунтовые воды. Те территории, которые уже находятся в сфере действия работающих коллекторов, должны срочно осваиваться и ни в коем случае не пустовать.

Одновременно со снижением уровня грунтовых вод с помощью дренажно-коллекторной сети необходимо провести комплекс мероприятий, обеспечивающих уменьшение питания грунтовых вод низменности фильтрационными и избыточными поливными водами. Для этого необходимы прежде всего планировочные работы, действительная ликвидация чального орошения с заменой его бороздковыми методами полива и ограничение зимних поливов на базе планового водопользования. Современем же должно быть произведено переустройство ирригационной сети с сооружением армированных распределителей и отводных оросителей.

В области агротехнических мероприятий важнейшей задачей является ликвидация неизжитой до сих пор монокультуры хлопчатника и введение правильных севооборотов.

Из числа организационных мероприятий важнейшим явится ликвидация «бродячего» землепользования, способствующего засолению.

Нужно подчеркнуть также значение борьбы с катастрофическими паводками, которые, прорывая дамбы и затопляя Кура-Араксинскую равнину, губительно отзываются на уровне грунтовых вод и на процессах засоления.

В дельтах других рек, впадающих в Каспийское море, наблюдаются, по существу, те же процессы. Еще в 1909 г. Л. И. Прасолов отмечал склонность луговых почв в низовьях реки Кумы к сильному засолению. Выше, характеризуя общие закономерности соленакопления в почвах дельт, мы брали в качестве примера, главным образом, дельту реки Волги. Дельта реки Терека в еще большей степени, чем дельта Волги, и по тем же причинам к настоящему времени достигла весьма больших степеней засоленности почв.

По исследованиям ЛОВИУА (1933), основными звеньями эволюции почв дельты Терека являются иловато-глеевые и торфянисто-глеевые почвы, луговые (серые глееватые), засоленные почвы, солончаки и такыры, светлокаштановые почвы.

По этим исследованиям принято, что основным источником солей в дельте Терека являются, главным образом, полые и оросительные воды реки, оставляющие до 5 млн. центнеров солей в почвогрунтах дельты. Неумеренное орошение затоплением, господствующее в дельте Терека, способствуя высокому уровню грунтовых вод, крайне активирует естественные процессы засоления.

Обращаясь к современной Каспийской низменности, мы можем видеть в рельефе и почвах ее отчетливые реликты древнедельтового режима и проявление свойственного дельтам засоления почвенного покрова.

Новейшие исследования показали, что северная часть Каспийской низменности является областью сросшихся древних дельт Волги и Урала; в восточной части она является областью древних дельт Эмбы, в западной — Терека и Кумы. Всюду на этой огромной территории, ныне в общем охваченной процессами рассоления, мы видим замаскированные следы былого дельтового рельефа и почв с их характерной засоленностью. Песчаные слоистые отложения представляют остатки бывших ранее береговых прирусловых возвышений. Они заняты ныне незасоленными бурыми и светлокаштановыми почвами. Четочные системы овальных впадин (лиманы, падины) с гумусовыми осолоделыми лугово-степными почвами, слоистыми почвообразующими породами являются остатками древних русел ильменей и озер, занесенных последующими наносами.

Характерные для Прикаспийской низменности комплексы солончаковатых солонцов, занимающие бо́льшую часть равнинных территорий низменности, являются не чем иным, как ныне рассоляющимися лугово-солончаковыми и солончаковыми почвами. Это особенно заметно в тяготении солонцовых комплексов к депрессиям рельефа, которые они окружают в виде концентрических зон.

6. Дельта реки Кубани

Резко отличная картина соленакопления в современных дельтах наблюдается в реках степных областей. Ограничивая рассматриваемый материал, остановимся кратко лишь на примере дельты реки Кубани, которая исследована Л. И. Иозефовичем (1931), Е. С. Блажным (1932), Г. К. Фатусом (1935), А. Н. Изюмовым (1934) и др.

Дельта Кубани, как и дельта Дона, формируется в условиях медленного подъема базиса эрозии и подпора вод Черным и Азовским морями. Поэтому Кубань, ее отдельные рукава и протоки обычно проходят в своих собственных наносах выше уровня суши.

Разливы реки Кубани проявляются чрезвычайно сильно в затоплении обширных пространств, так называемых плавней и лиманов.

Вследствие засоленности вод Черного моря, в отличие от слабой засоленности вод Каспия в устье Волги, новейшие отложения дельты Кубани уже несколько засолены хлористыми солями. Еще сильнее проявляется засоленность (до 5—15% солей с преобладанием хлоридов) в

более древних, имеющих возраст 30—60 лет плавнево-заболоченных и плавнево-луговых почвах. В них отчетливо прослеживается, кроме того, накопление карбонатов, гипсов и выделений железа.

Различные комплексы этих засоленных почв обычно развиты на дне высохших лиманов или окружают большие действующие лиманы. Однако с дальнейшим увеличением возраста суши дельты Кубани, вследствие сравнительно влажного умеренного климата, получают прогрессивное значение лугово-дерновый почвообразовательный процесс и опреснение ранее засоленных дельтовых почв.

Территории, имеющие возраст около 60—100 лет, характеризуются уже высокой гумусностью (7—8%), выщелоченностью хлоридов и остатками сульфатов. Еще более древние части дельты, насчитывающие более 200 лет, начинают остепняться, полностью утрачивают остатки солей и переходят в плавнево-степные черноземовидные почвы и черноземы. Иногда в комплексе с ними во впадинах рельефа встречаются осолоделые или слабосолонцеватые черноземы, свидетели былой засоленности дельтовых почв.

Почвы молодых (западных) частей дельты Кубани при их обваловании и осушении, особенно на днищах лиманов, склонны к засолению.

Однако опыт осушения Кубанских плавней в целом прошел благополучно. Ожидавшееся засоление благодаря сравнительно большой влажности климата Кубани себя практически не проявило.

Глава II

СУХИЕ КОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ (СУБАЭРАЛЬНЫЕ) ДЕЛЬТЫ РЕК СТЕПНЫХ И ПУСТЫННЫХ ОБЛАСТЕЙ

1. Особенности соленакопления в сухих континентальных (субаэральных) дельтах рек степных и пустынных областей

В почвообразовании и процессах соленакопления, протекающих в континентальных (субаэральных, сухих) дельтах, есть много сходного с тем, что рассмотрено выше относительно дельт, причлененных к водоемам. Здесь также чрезвычайно высока роль текучей воды в приносе и отложении осадочных пород, слагающих сухую дельту. Рост суши субаэральной дельты также тесно связан с последующей деятельностью воды, продолжающей отлагать новые толщи наносов и погребать предшествующие.

Формирование рельефа сухой дельты и его эволюция непосредственно связаны с деятельностью воды. Но в особенно яркой форме обнаруживается сходство дельт обоих типов в процессах соленакопления. Субаэральные дельты на известной фазе своего существования также подвергаются процессам засоления, охватывающего грунты, грунтовые воды и почвы периферической части сухой дельты.

Происхождение солей в континентальной дельте, так же как и в дельте приморской, непосредственно связано с деятельностью реки, которая, питая грунтовые воды сухой дельты, является для нее источником легкорастворимых солей.

Но наряду с указанными чертами сходства в происхождении, режиме и эволюции этих дельт между ними есть довольно большие отличия. Наносы, слагающие сухую дельту, откладываются не в водоеме, а непосредственно на суше. Таким образом, зарождение и последующая эволюция сухой дельты протекают исключительно в условиях субаэрального — наземного — режима, в отличие от приморской дельты, зародившейся и проходящей первые фазы своего развития в условиях субаквальных.

Наиболее тонкие фракции наносов (илистые и коллоидные) при этом остаются в пределах субаэральной дельты, откладываясь на ее периферии, в то время как в дельте причлененной эти фракции уходят в конечный водоем, куда впадает река, и попадают уже в толщи донных наносов водоема.

В причлененной (приморской) дельте известная часть легкорастворимых солей поступает с водами, формирующими дельту, в водоем, обусловливая рост засоленности последнего. В сухой дельте легкорастворимые соли из сферы периферии дельты почти не уходят, оставаясь в толще ее наносов, в грунтовых водах и почвах, исключая части, уносимой глубоким грунтовым потоком.

В причлененной дельте засоление грунтов и грунтовых вод начинается не на ее приморской периферии, являющейся наиболее юной частью дельты, а на суше, имеющей уже довольно значительный возраст — более 50—100 лет — и занимающей крылья и центральные пояса дельты. В сухой дельте засоление почвогрунтов и грунтовых вод начинается в крайней периферической части ее, постепенно наступая на вершину дельты.

Рыхлообломочные породы, слагающие сухие дельты, в отличие от материала причлененных дельт, представляют собой в большинстве случаев наносы более грубого механического состава, включающего галечники, гравелистые отложения, пески, суглинки.

В распределении рыхлообломочных наносов, слагающих сухие дельты, устанавливаются вполне определенные закономерности, в той или иной степени варьирующие в различных условиях, но в общем сохраняющие один и тот же характер.

Верхняя часть сухой дельты сложена галечниково-гравелистыми отложениями, перекрытыми с поверхности легкосуглинистыми или супесчано-суглинистыми наносами мощностью до 2 м. В отдельных случаях эти наносы могут отсутствовать, и поверхность сухой дельты при этом представлена обнаженным покровом галечников, как это наблюдается в сухой дельте реки Сох.

Центральная часть сухой дельты сложена породами более тонкими, чаще всего толщей переслаивающихся супесей, линз мелких галечников, суглинков и песков, перекрытых с поверхности пачкой супесей или суглинков мощностью до 5—10 м.

Периферическая часть сухих дельт, а также крылья их сложены песками с линзами гравия и главным образом различного рода суглинками и глинами.

Таким образом, в составе и распределении наносов, слагающих сухие дельты, намечается совершенно определенная зональность, выражающаяся в обособлении резко различающихся между собой трех зон: галечниково-гравелистой, слагающей верхнюю часть дельты, суглино-супесчано-гравелистой, слагающей центральную часть дельты, и глинисто-суглинистой — периферическую часть дельты. Водно-солевой режим каждой из этих зон совершенно различен.

В процессе длительного существования субаэральной дельты поверхностные, наиболее тонкие наносы могут постепенно скрадывать резкость различий между этими тремя частями дельты. Однако эти различия сохраняются и существуют даже в дельтах, заканчивающих цикл своего развития (Теджен, Ширабад-Дарья).

Как в Средней Азии, так и в Закавказье в образовании континентальных дельт отмечается известная цикличность. Так, в субаэральных дельтах рек Сох, Исфара, Шахимардан, Мургаб и Теджен отмечается несколько генераций (Помпелли, Вебер, Федорович, Герасимов и др.).

По Веберу и Федоровичу, в этих дельтах можно отличать до пяти последовательно вложенных одна в другую дельт; по Герасимову, для Мургаба и Теджена можно различить лишь две генерации сухих дельт, из которых старые уже утеряли гидрогенный режим, а молодые, врезанные и вложенные в толщу старых дельт, живут и поныне типичным дельтово-тугайным режимом.

Помимо возможности разделить сухие дельты по характеру и составу слагающих их осадочных пород на три последовательно сменяющие и генетически связанные друг с другом зоны, необходимо в их строении выделять ряд частных элементов.

Каждый из крупных речных рукавов, на которые разбивается в дельте река, несет и отлагает по своей трассе материал более грубого механического состава, чем окружающие отложения. Образуются прирусловые валы, сложенные грубыми наносами По мере удаления от такого крупного действующего рукава реки характер механического состава пород закономерно меняется Гравелистые и песчанистые наносы сменяются песчаными и суглинистыми и в дальнейшем суглинистыми и глинистыми.

Прослеживая в плане сухой дельты литологический характер слагающих ее пород, всегда можно по лентам галечников, гравийно-песчаных отложений, а также по радиально тянущимся прирусловым валам, сложенным галечниково-гравийными материалами (вообще материалами более грубого механического состава), установить былое направление и последующее движение различных рукавов реки в дельте.

Размеры сухих дельт могут быть чрезвычайно разнообразными — от огромных дельт Зеравшана (Бухарский и Каракульский оазисы) и веера рек Сох, Исфара или Теджен до мелких сухих конусов выноса, окаймляющих предгорья, сложенных выносами мелких речек и временно действующих сэлевых потоков, сбегающих с гор

Несмотря на большие различия в размерах и строении отдельных континентальных дельт, для их рельефа характерны некоторые общие особенности. Падение поверхности сухой дельты направлено, как правило, к ее периферии. Величины уклона местности при этом выражаются в тысячных и сотых долях, в то время как в дельтах причлененных характерны уклоны порядка тысячных и десятитысячных.

Кроме этого основного направления падения местности, для сухой дельты характерно частное падение местности в сторону от основных водных магистралей к крыльям дельты.

Таким образом, рельеф сухой дельты представляет собой как бы косо срезанную половину конуса. Мезорельеф субаэральной дельты пред-

ставлен продольными, радиально расходящимися от вершины треугольника к его периферии грядовыми повышениями (днища бывших русел и сопровождающие их прирусловые валы) Эти грядовые повышения причудливо изгибаются, сходят на-нет, расчленяются на второстепенные гряды, либо объединяют несколько других и представляют собой в конечном счете очень сложную сеть.

Центральные части местности между двумя грядами обычно в той или иной степени понижены, сложены породами более тяжелого механического состава и иногда заболочены.

В низовьях на периферии сухой дельты эти общие черты мезорельефа выражены значительно слабее, но и там отчетливо прослеживаются чашевидные депрессии, впадины, окаймленные повышечиями рельефа, сложенными более легкими породами

Размеры сухих субаэральных (континентальных) дельт непосредственно связаны с величиной формирующей его реки Здесь могут быть, конечно, самые большие колебания.

Так, среднегодовой расход реки Зеравшан у Хазаринского створа равен 80 1 м³/сек. Среднегодовой расход Мургаба у Меручакского поста равен 46 м³/сек, а среднегодовой расход реки Теджена у станции Пули-Хатум — около 30 м³/сек Расходы рек Сох и Исфара по выходе их в зону дельты соответственно равны 39 2 и 13 0 м³/сек. Среднегодовые расходы мелких рек, слагающих зоны сросшихся сухих конусов выносов вдоль предгорий, соответственно значительно меньше

Но в происхождении наносов и рельефа, а также и водно-солевом режиме сухих дельт огромную роль играют максимальные расходы рек в периоды паводков и в периоды сэлевых явлений. В течение короткого времени расход рек в этих случаях достигает колоссальных величин, измеряемых сотнями м³/сек, и тогда поверхность дельты затопляется мутными водами реки, несущими самый разнообразный несортированный материал и огромные массы легкорастворимых солей.

Между водами поверхностного стока и грунтовыми водами субаэральной дельты существуют совершенно определенные гидравлические взаимоотношения, резко различающиеся в пределах каждой из отмеченных выше зон дельты (М. А. Шмидт).

В верхней зоне, сложенной галечниками и гравелистыми отложениями, речные воды вследствие легкого механического состава и большей водопроницаемости пород проваливаются в толщу последних в огромном количестве и идут на образование грунтового потока. Грунтовый поток в этой части дельты залегает обычно на глубине более 10—20 м, характеризуется быстрым движением по направлению к периферии континентальной дельты и вследствие глубокого залегания не оказывает никакого влияния на почвообразовательные процессы

Избыточные поливные и фильтрационные воды здесь также в значительной мере идут на пополнение запасов грунтовых вод и способствуют господствующим в этой части дельты процессам рассоления.

В центральной части дельты грунтовые воды еще оказываются достаточно глубокими, и поэтому речная (естественная) и ирригационная (искусственная) гидрографическая сеть продолжает в большинстве случаев питать своими фильтрационными водами грунтовый поток. Но во многих случаях значение этого фильтрационного питания носит подчиненный характер, так как наносы, слагающие центральную часть дельты, отличаются меньшей фильтрационной способностью, будучи сложены породами более тонкого механического состава.

Эта часть дельты представляет как бы зону транзита грунтового потока. Здесь грунтовый поток начинает расходоваться на транспирационную деятельность растительности, на испарение через почвеиные горизонты; до некоторой степени он еще пополняется здесь фильтрационными водами реки и ирригационной сети, но в целом грунтовый поток, подвергаясь лишь небольшим изменениям, находится в состоянии общего движения, направленного к периферии дельты и к ее крыльям.

Характерной для типичных субаэральных дельт глубиной залегания грунтового потока в зоне транзита является 5—10 м. Для сезонного режима грунтовых вод типична прямая зависимость их от питания в верхней зоне.

В периферической части дельты соотношение между водами поверхностного стока и грунтовым потоком обратное. Воды поверхностного стока здесь уже не питают грунтовый поток, так как породы, слагающие периферию дельты, относятся вследствие суглинистого механического состава к малофильтрующим, грунтовые же воды близки к поверхности. Грунтовый поток, образованный в верхней части субаэральной дельты, транзитно прошедший через центральную часть ее, входя в периферию дельты, сложенную породами тяжелого механического состава, быстро утрачивает скорость своего движения и выклинивается вследствие переполнения толщи пород, слагающих периферию дельты, на поверхность.

Обособляется также третья зона грунтового потока, зона выклинивания, зона неглубокого залегания грунтовых вод (Решеткин, Шмидт, Архангельский). Для этой третьей зоны характерно залегание грунтовых вод на глубине порядка 1—2 м и выклинивание их на поверхность с образованием болотно-солончаковых пространств. Режим грунтовых вод определяется условиями питания верхней части дельты и расходом грунтовых вод на транспирацию и, главным образом, на испарение.

Таким образом, как в водах поверхностного стока субаэральной дельты, так и в их грунтовом потоке различают по условиям их взаимоотношений и по основным особенностям режима самого грунтового потока три зоны, пространственно совпадающие с тремя зонами литологическими:

а) зона образования грунтового потока;

б) зона транзита грунтового потока;

в) зона расходования грунтового потока на испарение (зона выклинивания и рассеивания, кара-су).

Суммарный водный баланс сухих дельт управляется и регулируется в основном испарением и транспирацией почвенно-грунтовых вод, приходящих к периферическим зонам дельт.

Соли, циркулирующие в почвенных растворах и в грунтовых водах субаэральной дельты, своим происхождением непосредственно связаны с речными и оросительными водами.

Подсчеты, исходящие из годового стока и средней минерализации речных вод, показывают, что сухие дельты получают огромное количество легкорастворимых солей, которые вследствие условий движения и режима грунтовых вод аккумулируются в периферической части их, т. е. в зоне испарения грунтовых вод.

Так, по нашим подсчетам периферия сухой дельты реки Сох получает до 264 000 т растворимых солей ежегодно. Сухая дельта реки Мургаб, по подсчетам Васильева, получает в год около 655 000 т солей, а дельта реки Теджен, по нашим подсчетам, получает до 1 500 000 т ежегодно.

Естественно, что приток легкорастворимых солей в субаэральную дельту и развитие процессов соленакопления в ней будет выражаться в тем большей степени, чем суше климат, чем больше минерализованы воды реки и чем менее благоприятны условия оттока грунтовых вод от дельты.

Воды реки Сох являются сравнительно пресными, и в различное время года плотный остаток легкорастворимых солей не превышает в них 0.20—0.23 г/л, в том числе хлориды составляют не более 4—8% от суммы м. экв. солей.

Река Исфара характеризуется значительно большей минерализацией. В весенние и осенние месяцы сумма солей достигает 0.6—0.8 г/л, падая в период паводков до 0.26. Доля хлоридов в составе солей при этом выражается величиной 6—10% суммы м.экв.

Воды реки Мургаб имеют минерализацию примерно такого же характера — 0.25—0.59 г/л, однако доля хлоридов здесь значительно выше (около 20% суммы м.экв).

Воды реки Теджен характеризуются несравненно большей засоленностью. Так, по данным анализа воды в районе Пуль-и-Хатум, за период март — май концентрация солей в воде Теджена равняется примерно 0.5 г/л; в январе — феврале она достигает 1.6 г/л, а в июне — 3 г/л. При этом доля хлоридов составляет 54% суммы м-экв ионов. Еще бо́льшая минерализация отмечена в водах реки Ширабад-Дарьи, которые в отдельные периоды года содержат до 1—2 г/л.

Соответственно этому грунтовые воды, грунты и почвенный покров субаэральных дельт этих рек имеют довольно различную общую засоленность и особенно засоленность периферических частей дельты.

Периферия дельты Исфары засолена значительно больше, чем периферия дельты реки Сох. Это, может быть, обязано также тому, что пери-

ферия дельты реки Сох находится под дренирующим влиянием реки Сыр-Дарьи, а периферия сухой дельты реки Исфары упирается в горные поднятия в районе Западной Ферганы, сложенные третичными соленосными толщами, которые, помимо того, что прекращают полностью какой-либо отток, являются к тому же дополнительным источником солей.

Малодренированная вследствие тонкого механического состава слагающих ее пород субаэральная дельта реки Мургаб характеризуется еще большей засоленностью почвенного покрова и ее грунтовых вод, но все же ее засоленность несравненно меньше, чем засоленность субаэральной дельты реки Теджен, для которой характерно широкое распространение солончаков. Однако субаэральная дельта реки Ширабад-Дарьи и особенно ее периферия по характеру своего почвенного покрова и грунтовых вод является наиболее засоленной. Это можно легко проследить, сопоставляя почвенные карты названных дельт.

Грунтовый поток субаэральной дельты в верхней ее части, т. е. в зоне образования грунтовых вод, по размеру минерализации и по составу солей тождествен водам реки. В зоне транзита начинается частичное использование грунтовой воды на транспирацию растительностью, и происходит, хотя и в слабой степени, постоянное расходование грунтового потока на испарение через почвенно-грунтовые горизонты; с другой стороны, в этой зоне не исключено вторичное растворение грунтовой водой солей, отложенных ранее, в предшествующие этапы развития дельты, поэтому минерализация грунтовой воды начинает здесь постепенно возрастать. Одновременно происходят и качественные изменения в составе солей грунтового потока. Приближаясь к дневной поверхности и прогреваясь, воды грунтового потока утрачивают часть растворенной в них углекислоты; бикарбонаты кальция при этом уменьшают свою растворимость и выпадают в толщу водоносной породы, обогащая ее углекислым кальцием. Формируется зона накопления углекислого кальция.

Процесс закарбоначивания пород, слагающих субаэральную дельту подобного типа, протекает тем быстрее и интенсивнее, чем сильнее замедляется скорость грунтового потока в зоне транзита параллельно с уменьшением проницаемости пород и чем в большей степени этот поток приближается к дневной поверхности, где он оказывается все больше под влиянием наземных и биотических агентов и расходуется в возрастающей степени на транспирацию и испарение.

Минерализация грунтовых вод начинает при этом возрастать значительно интенсивнее, и после насыщения грунтовой воды карбонатами кальция наступает насыщение их гипсом. Обе соли начинают выпадать из раствора на протяжении всего пути грунтового потока.

В составе солей, растворенных в грунтовой воде субаэральной дельты, в этих частях ее, начинают играть значительную, относительную и абсолютную роль наиболее легкорастворимые соли: сульфат магния и натрия и, в особенности, хлориды натрия. Вмещающие же грунтовый поток водоносные горизонты в пределах капиллярной каймы над грун-

товой водой все больше и больше обогащаются отложениями углекислого кальция и гипса. Образуется резко выраженная зона накопления углекислого кальция и гипса.

На периферии субаэральной дельты, там, где грунтовые воды наиболее близки к поверхности, а условия их оттока наихудшие, господствуют расходование грунтовых вод на испарение и отчасти на транспирацию. В этом поясе субаэральной дельты воды грунтового потока достигают обычно максимальных минерализаций. Особенно большая минерализация грунтовых вод обнаруживается под солончаковыми пятнами, где она может достигать величины порядка 100—150 г/л. Подавляющим компонентом в составе легкорастворимых солей в этих условиях является хлористый натрий. Значительная доля приходится на сернокислый магний и отчасти на сернокислый натрий.

Естественно, что соленакопление в грунтовых водах периферии субаэральной дельты и засоление почв проявляются не сразу, хотя и зарождаются с момента начала формирования дельты, как сухой. Во многих случаях при этом само образование сухой дельты обусловлено деятельностью человека и является следствием разбора реки в каналы на орошение.

Паводки способствуют поддержанию известной опресненности почвенного покрова периферии сухой дельты. Однако по мере нарастания высоты периферии дельты и по мере ее обсыхания опресняющая роль паводков сходит на-нет, сменяясь господством режима засоления.

В соответствии с характером суммарного водного баланса, суммарный солевой баланс сухих дельт слагается по типу засоления. Однако засоление в сухих дельтах приурочено к периферии, а не к верхним и центральным их частям.

Таким образом, естественная эволюция субаэральной дельты направлена в сторону нарастающего засоления почвенного покрова ее периферии, с тенденцией к постепенному распространению этого процесса вверх по дельте. Тенденция к естественному соленакоплению в сухих дельтах сильно зависит от степени общей ее дренированности и оттока грунтовых вод. Наличие такой мощной естественной дрены, как река Сыр-Дарья в Правобережной части Ферганской долины, приводит к тому, что сухие дельты рек этого района вообще не имеют зон засоления. То же происходит на многих конусах выносов в верхнем течении рек и в предгорных равнинах вследствие того, что толща конуса выноса зачастую сложена рыхлыми проницаемыми галечниково-песчаными отложениями, в которых грунтовые воды свободно циркулируют, уходя за пределы конуса выноса.

Однако в типичных условиях эволюция почв сухой дельты идет в рассмотренном направлении. На ранних фазах формирования субаэральной дельты почвенный покров ее периферической части характеризуется господством незасоленных, слабосолончаковатых и солончаковатых луговых тугайных почв.

Верхние дренированные части субаэральной дельты характеризуются развитием незасоленных и не склонных к засолению сероземов.

По мере старения дельты и накопления сверху пород более тяжелого механического состава, повышающих ее поверхность, ослабление периодических паводков, промывающих накопляющиеся соли, постепенно ведет к отмиранию тугайно-луговых формаций, нарастающему соленакоплению и росту площади солончаковых почв (рис. 7).

Общее поднятие местности, характерное для предгорных и подгорных районов Средней Азии и Закавказья, относительное опускание базиса эрозии, наступление дождевых циклов в климате (плювиаль) — все это вместе может повести к коренному изменению направления развития дельты, ее почвенного покрова и грунтовых вод

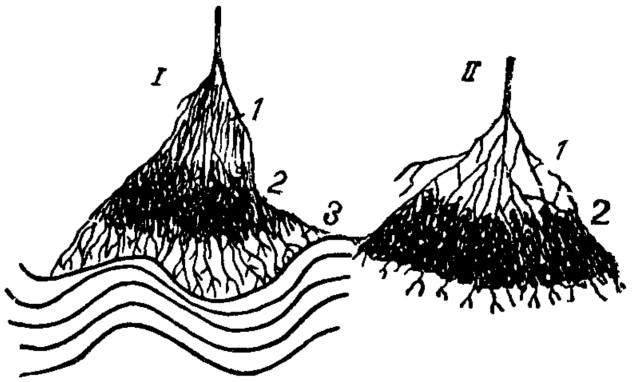


Рис 7 Схема соленакопления в приморских(*I*) и сухих (*II*) дельтах

I — дельта приморская *1* — область новейшего аллювия *2* — область соленакопления *3* — область рассоления

II — дельта сухая *1* — область транзита солей *2* — область соленакопления

Опускание базиса эрозии влечет за собой врезание гидрографической сети, усиление дренирования этой гидрографической сетью грунтовых вод дельты и опускание их скатерти. Дренированные поверхности дельты от тугайно-солончакового режима переходят вследствие этого к режиму пустынно-степному. Лугово-солончаковые процессы ослабляются и прекращаются вовсе, легкорастворимые соли в той или иной степени перемещаются в подпочвенные горизонты, солончаковые пространства былой действующей дельты подвергаются процессу такырообразования. Образуется старая дельта, почвенный покров которой уже освобождается от влияния грунтовых вод.

Таких «старых» дельт может быть несколько генераций. И почвенный покров на каждой из таких поверхностей будет характеризоваться сначала развитием такыров и такыровидных сероземов, а затем сероземов.

Эта общая, несколько абстрагированная схема эволюции ландшафта субаэральных (континентальных) дельт в условиях пустынь может в конкретной физико-географической обстановке и в особенности в условиях орошения подвергаться значительным усложнениям и изменениям.

В тех случаях, когда толща субаэральной дельты на всем ее протяжении сложена проницаемыми породами, когда грунтовый поток с достаточно большой скоростью проходит через все пространство дельты и не подвержен резко выраженному расходованию на транспирацию и,

в особенности, на испарение, субаэральная дельта реки будет неопределенно долгий период оставаться незасоленной. Лишь наименее растворимые соли $CaCO_3$ и $CaSO_4$ будут при этом успевать выпадать из раствора, обогащая породы гипсом и известью.

Почвенный покров такой дельты будет характеризоваться преобладанием различных вариантов луговых почв. То же наблюдается в таких проточных конусах выноса, как Чирчикский, Карадарьинский, Карасан-Сайский. Однако эти примеры свидетельствуют, что обязательным условием при этом является возможность оттока грунтовых вод с периферии дельты и конуса в естественную дрену или реку.

Хозяйственная деятельность человека и, в особенности, орошение может вызывать чрезвычайно сильное изменение в морфологии, режиме и эволюции ландшафта субаэральной дельты. Орошение влечет за собой исключительное усложнение гидрографической сети. Крупные протоки и рукава рек искусственно разбиваются на массу мелких каналов. Образуется густая сеть мельчайших ирригационных каналов, покрывающих поверхность дельты.

Количество фильтрующейся из ирригационных каналов воды неизмеримо возрастает в верхней части субаэральной дельты. Грунтовые воды пополняются значительными запасами новых масс фильтрационных и избыточно-поливных вод.

Все это усиливает процесс выщелачивания солей в верхней дренированной части субаэральной дельты.

Избыточные массы поливных вод, воды сбросных каналов, зауров и коллекторов, обычно отводимые в нижнюю периферическую часть субаэральной дельты, способствуют повышению общего уровня грунтовых вод на периферии субаэральной дельты, увеличивают поступление сюда легкорастворимых солей, вызывают ускорение процессов испарения грунтовых вод и в совокупности усиливают соленакопление и образование солончаков.

Это особенно ярко можно видеть на периферических частях ирригационных оазисов Центральной и Западной Ферганы, которые за длительную историю орошаемого земледелия Ферганы превратились в сплошные солончаковые пустыни.

Искусственное выведение ирригационных каналов на территорию старых дельт может возвратить их вновь к былому тугайно-солончаковому режиму и вызвать оживление процессов образования солончаков.

Потеря вод ирригационных каналов на фильтрацию, избыточные воды при промывках засоленных почв, избыточные поливные воды, пополняя запас грунтовых вод старой дельты, вызывают повышение их уровня, растворение ими солей, выкристаллизовавшихся в толще грунта над грунтовой водой, перемещение соляных растворов ближе к поверхностным почвенным горизонтам и, наконец, развитие вторичного засоления. Подобные явления довольно широко представлены в дельте Теджена и Мургаба.

С другой стороны, характерные для субаэральных дельт большие

уклоны местности (тысячные, сотые и иногда десятые доли) обычно обусловливают высокие скорости движения воды в ирригационных каналах. Это влечет за собой размывание мелкоземистого покрова верхней части субаэральной дельты до подстилающих галечников. Борясь с увеличивающейся при этом потерей ирригационной воды на фильтрацию, население постепенно перемещает трассы ирригационных каналов на поверхности дельты, вызывая смыв все новых и новых ее частей.

В итоге, как показывает пример субаэральной дельты реки Сох, почвы верхних частей дельты могут оказаться нацело смытыми с обнажением подстилающих бесплодных галечников.

Эрозия верхних частей субаэральных дельт одновременно сопровождается накоплением новых толщ плодородного землистого материала в концевых частях ирригационных каналов и на периферии дельт. Однако, поскольку эти районы в основном характеризуются преобладанием засоленного почвенного покрова, постольку приносимый сюда плодородный илистый материал в значительной степени утрачивается для земледелия.

Влияние орошаемого земледелия не исчерпывается, конечно, этими явлениями. В условиях социалистического строя Советского Союза орошаемое земледелие на субаэральных дельтах вплотную начало заниматься активной борьбой с процессами засоления. Наиболее яркие примеры этой борьбы можно видеть в районах Центральной и Западной Ферганы.

Здесь под руководством высококвалифицированных инженерно-технических сил за два-три года перед Отечественной войной развернулись грандиозные скоростные народные стройки больших ирригационных каналов, коллекторов и дренажной (заурной) сети. Такие же работы были проведены в ряде периферических районов Бухарского и Каракульского оазисов.

Эти грандиозные строительные работы позволили приступить к широкому рассолению и освоению периферических пустующих солончаковых массивов субаэральных дельт.

Не ставя своей задачей рассмотреть в последующем тексте все стороны происхождения, режима и эволюции почвенного покрова и, в особенности, процессов засоления и рассоления всех субаэральных дельт ирригационных районов Средней Азии и Закавказья, мы рассмотрим хотя бы в краткой форме типичные и наиболее важные примеры.

2. Сухая дельта реки Сох

Сухая дельта реки Сох расположена в западной части Ферганской долины, захватывая своими древними частями северный склон подгорной равнины Алайского хребта и спускаясь своей основной частью на поверхность второй аллювиальной террасы реки Сыр-Дарьи

Современная действующая дельта реки Сох расположена на высоте до 550 м. Южнее и выше идет линия разрыва, проявляющаяся в форме

уступа, за которым начинается серия более древних, уже отмерших дельт на высотах около 800—900 м и выше (Вебер). Помпелли и Вебер насчитывают примерно 4 цикла дельтообразования в реках, образующих конусы в Западной и Центральной Фергане.

Образование сухой дельты Сох, так же как и дельты Исфары, Шахимардана, обязано, повидимому, интенсивному врезанию реки Сыр-Дарьи (Вебер, Макеев), повлекшему за собой отрыв от Сыр-Дарьи ее бывших притоков — Сох, Исфары, Шахимардана и др.

Ирригационная работа населения Ферганы несомненно также способствовала развитию этого процесса (расчленение и разбор основных речных артерий и протоков ферганских рек на частные, небольшие каналы, иссякающие на периферии).

В формировании дельт Сох и Исфары, по Веберу, наблюдается последовательное выдвижение наиболее молодых частей их на север в направлении к Сыр-Дарье.

В отличие от этого, современные субаэральные дельты Шахимардана и Исфайрама располагаются на отложениях древних дельт, сформировавшихся ранее. Северные периферические части дельты Сох, сложенные суглинисто-глинистыми, несколько облёссованными наносами, непосредственно переходят в аллювиальные отложения реки Сыр-Дарьи. Западная периферия Сохского конуса переплетается с отложениями конуса Исфары; восточная же периферия, сложенная суглинисто-глинистыми отложениями, переплетается с отложениями Исфайрама.

По данным М. А. Шмидта, современная действующая сухая дельта реки Сох слагается мощной галечниковой толщей «тянущейся по оси течения реки на 17 км и занимающей площадь около 400 км²». Эта верхняя зона субаэральной дельты сменяется ниже по течению периферической частью, «сложенной мелкоземистым материалом, опоясывающим конус выноса и сливающимся на севере с долиной реки Сыр-Дарья». Район этот является основным земельным фондом орошения на дельте реки Сох; площадь его около 1200 км².

Водосборная площадь, т. е. площадь образования стока реки Сох, исчисляется величиной 3300 км². Площадь же рассеивания стока, т. е. площадь, где происходит его расходование на испарение, исчисляется величиной 1800 км² (Шульц). Среднегодовая величина стока реки Сох исчисляется в 1319 млн. м³. Амплитуда отклонения от этой средней величины может достигать 26%.

Исходя из среднегодового стока и минерализации вод реки Сох (0.20—0.23 г/л), можно считать, что приток в дельту растворенных солей будет исчисляться величиной до 264 000 т в год. Собираясь на площади водосборного бассейна в 3300 км², эта масса легкорастворимых солей в дальнейшем аккумулируется на площади около 1800 км². Считая, что в результате испарения почвенно-грунтовых вод легкорастворимые соли концентрируются в верхних 10—20 см почвы, можно ожидать, что ежегодный приток легкорастворимых солей в состоянии увеличивать засоленность поверхности почвенных горизонтов на 0.1—0.05% в год.

Несомненно, что процесс соленакопления не протекает равномерно по всей зоне рассеивания стока. В одних районах он ослаблен; в других, характеризующихся наиболее близким залеганием грунтовых вод, он усилен. В последних и будет проходить наиболее интенсивно аккумуляция солей с образованием солончаков.

В верхней галечниковой части конуса в районе от Сары-Курган до Туляш, сложенном мощной толщей слабоцементированных и рыхлых галечников, постепенно переходящих к пескам и переслаивающихся с толщами песков и супесей, происходит образование грунтовых вод за счет огромной фильтрации поверхностных вод из русла реки и из ирригационной сети. Грунтовые воды здесь лежат на больших глубинах, более 10—15 м (рис. 8). Почвенный покров верхней части субаэральной дельты Сох представлен грубоскелетными и песчанистыми, во многих случаях галечниковыми незасоленными сероземными почвами, нуждающимися на большей части территории для их освоения и окультивирования в кольматажных мелиоративных работах с целью создания поверхностного мелкоземистого слоя.

Этот галечниковый район опоясывается от Яйпана на западе до Куйбышева на востоке через гор. Коканд неравномерным по ширине районом близкого залегания и выклинивания грунтовых вод.

По подсчетам Шмидта, в пределах данной зоны ирригационная система получает до 12—13 м^3/сек выклинивающихся вод. Последние поступают в глубокие арыки и долины, а также коллекторы и зауры. В значительной степени они расходуются непосредственно на увлажнение почвенного покрова. Глубина грунтовых вод обычно 0—1 м, реже 1.5—2 м, устойчиво сохраняющаяся на протяжении года. Севернее к периферии этой зоны глубина грунтовых вод — до 1.5—2.5 м (Шмидт).

В ирригационном отношении этот район является наиболее устойчивым: он обеспечен дополнительным подпочвенным увлажнением сельскохозяйственных растений, сравнительно слабо засолен и имеет отток грунтовых вод.

Грунтовые воды здесь отличаются несколько повышенной минерализацией (до 1—3 г/л); почвенный покров представлен различными модификациями староорошаемых луговых и лугово-солончаковых почв, перемежающихся с отдельными пятнами солончаков и характеризующихся довольно разнообразным механическим составом, от глин до супесей.

Периферия Сохской дельты севернее Коканда и Молотова является районом неглубокого залегания грунтовых вод от поверхности (0.5—1—3 м). Минерализация их здесь возрастает до 6—10 г/л, а в отдельных случаях, под массивами солончаков, до 40—50 и даже 80—100 г/л. Начиная с этого района и далее к северу, северо-западу и северо-востоку расположены уже районы современного прогрессивного сильно выраженного засоления почв и грунтовых вод.

Почвенный покров этой периферической зоны Сохского конуса представлен поливными луговыми солончаковатыми почвами и солончаками различного типа, но обычно с мощным ирригационным наносом.

Наконец, самые внешние части субаэральной дельты, контактирующие с отложениями Исфаринской дельты и дельты Шахимардана, а

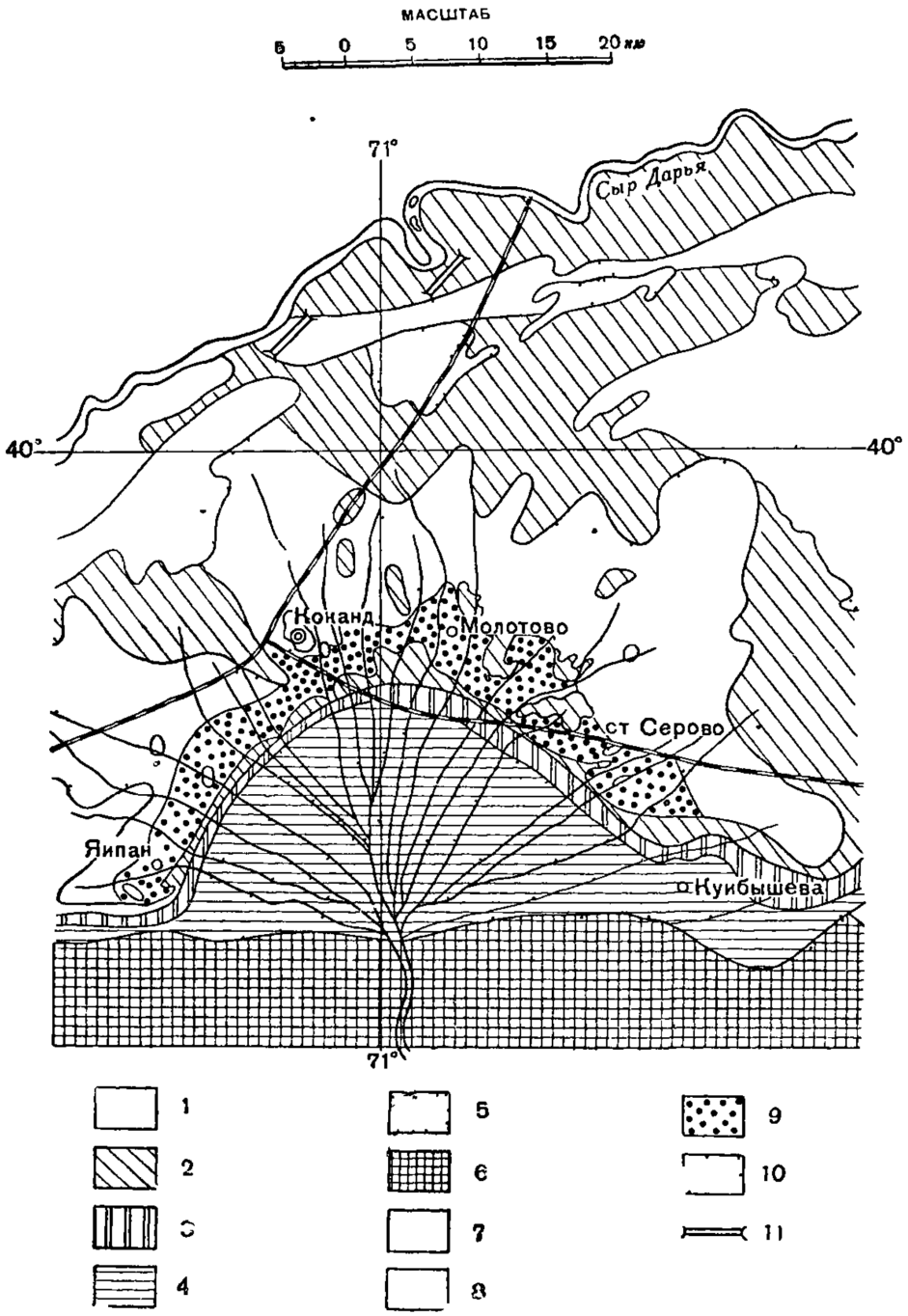


Рис 8 Схема взаимоотношений поверхностного и подземного стока в Сохской дельте (М А Шмидт)

Грунтовые воды залегают на глубинах (период апрель — сентябрь)

1 — от 0 до 2 м *2* — от 2 до 5 м *3* — от 5 до 10 *4* — более 10—15 м *5* — от 2 до 7 м (среди песков) *6* — трещинные и межпластовые воды в коренных породах на разной глубине *7* — коренные породы *8* — участки интенсивнои фильтрации поверхностных вод *9* — зоны интенсивного выклинивания подземных вод по периферии сухой дельты *10* — площади интенсивного сезонного выклиииивания заурных вод *11* — необходимые к открытию гидрометрические посты

также постепенно переходящие на севере в аллювиальные отложения Сыр-Дарьи, представлены породами сравнительно тяжелого механического состава, пухлыми солончаками и луговыми солончаковыми поч-

вами, обычно подстилаемыми песками. Глубина залегания грунтовых вод достигает 2.5—3 м при годовой амплитуде 2—2.5 м. Питание грунтовых вод осуществляется за счет притока их с более высоких частей дельт, а также за счет сбросных вод, подводимых ирригационными каналами, дренами и коллекторами.

Неорошаемая, пустынно-солончаковая, самая внешняя часть сухой дельты реки Сох окаймляет ее сильно расширенной к северо-востоку полосой. Она сложена разнообразно сочетающимися площадями пухлых солончаков, луговых засоленных почв, песков и бессточных глинистых солончаковых впадин. Минерализованные грунтовые воды лежат на глубине 3—4, иногда до 6 м, а в солончаковатых депрессиях — на глубинах 0.3—1 м. Грунтовые воды питаются за счет подтока из расположенных выше районов и путем инфильтрации сбросных вод (Шмидт).

Все староорошаемые почвы Сохской дельты имеют мощный агроирригационный нанос. В сравнении с неорошаемыми почвами они, как правило, менее засолены и имеют опресненные грунтовые воды.

Пустующие переложные пространства обычно быстро засоляются. Степень засоления почв и грунтовых вод нарастает к периферии дельты, о чем можно судить по данным почвенной карты. Наибольшие пространства солончаков предсгавлены в северо-восточной части периферии Сохского оазиса.

Освоение засоленных перелогов и ликвидация засоления на периферии Сохского оазиса потребуют, помимо обычных мероприятий по уменьшению питания грунтовых вод в центральной и верхней частях дельты, развитой дренажно-коллекторной сети и многократных промывок для рассоления почв и опреснения грунтовых вод периферической зоны. Во многих случаях для освоения глинистых солончаков здесь будет целесообразна культура риса, с обязательным обеспечением отвода сбросных и грунтовых вод (рис. 9).

3. Сухая дельта реки Исфары

В происхождении, режиме и процессах соленакопления в дельте реки Исфары есть много общего с тем, что нами описано для дельты реки Сох. Река Исфара характеризуется более минерализованными грунтовыми водами, имеет меньшие расходы и поэтому транспортирует материал более тонкого механического состава. Периферия субаэральной дельты Исфары заперта Испаринской и Дигманской возвышенностями, снимающими дренирующее влияние Сыр-Дарьи. Отмеченные особенности, рисующие крайне малую естественную дренированность сухой дельты реки Исфары, объясняют причины того, что процессы соленакопления здесь получили сильное выражение.

Верхняя часть дельты, имеющая уклон порядка 0.1—0.06, сложена

галечниковыми отложениями. К периферии дельты уклоны уменьшаются и выражаются величинами 0.005—0.001.

По данным Г. И. Архангельского, «осевая и центральная части конуса реки Исфары от Равата примерно до линии железной дороги и севернее представляют мощное накопление галечников». Севернее, а также к западной и восточной периферии дельты галечники скрываются под покровом мелкоземистых отложений, приобретающих большую мощность.

Мелкоземистая толща наносов имеет сложное строение и представлена чередующимися в плане и разрезе толщами песков, супесей, суглинков, глин с постепенным нарастанием к периферии дельты роли последних. На крайних периферических частях дельты встречаются песчаные эоловые гряды и бугры.

На границе с Сыр-Дарьей дельта заперта горными грядами, имеющими высоту до 100 м и сложенными соленосными третичными мергелями, глинами, песчаниками и др.

В верхней галечниковой части дельты Исфары грунтовые воды, обязанные своим происхождением фильтрации речной и ирригационной воды, залегают на глубинах 50—60 м. Однако, по данным Архангельского, по мере смены галечниковых наносов мелкогалечниковыми и песчанистыми уровень грунтовых вод приближается к поверхности, достигая последовательно 10—5—2 м.

Орошенная, сложенная суглинистыми и супесчаными отложениями центральная часть дельты имеет грунтовые воды на глубинах 1—3 м и характеризуется лугово-солончаковым покровом (рис. 9). На контакте между этой мелкоземистой и вышележащей галечниковой частью дельты широко представлены выходы родников и заболачивание почв.

Севернее железной дороги, а также к западу и к востоку на периферии субаэральной дельты расположена широкая зона современного засоления с близким залеганием минерализованных грунтовых вод. Хозяйство в этих районах страдает от процессов заболачивания и засоления почв, вызываемых близкими грунтовыми водами.

Почвенный покров представлен староорошаемыми лугово-солончаковыми и солончаковыми почвами. Отдельные депрессии рельефа заняты шоровыми солончаками.

Внешние периферические части дельты Исфары покрыты полями корковых, корково-пухлых и пухлых солончаков с пятнами лугово-болотных и болотных солончаковатых почв и с грядами песка.

Орошаемые земли Исфаринской дельты, расположенные севернее железной дороги, засолены сильнее, чем соответственная зона в дельте реки Сох. Освоение засоленных перелогов и ликвидация процессов засоления на периферии Исфаринского оазиса потребуют тех же мероприятий, что и для Сохского оазиса, с тем различием, что вследствие общей особо плохой дренированности в первом оазисе вопросы снижения и отвода грунтовых вод имеют еще большее значение.

4. Сухие дельты рек Мургаб и Теджен

На территории сухих дельт рек Мургаб и Теджен сосредоточены главнейшие массивы хлопководства Туркменской ССР. Климатические условия этих районов характеризуются следующими данными: среднегодовая температура около 16° (амплитуда 14.2—17°), продолжительность безморозного периода 280—285 дней, среднегодовое количество атмосферных осадков около 120—130 мм (амплитуда 50—220 мм), относительная влажность 50% и в июле 30%, испарение за год около 1600—1650 мм (по Вильду).

Почвенный покров обоих оазисов отличается значительной засоленностью, что обусловлено повышенной минерализацией вод орошающих их рек. Так, минерализация вод реки Мургаб колеблется в среднем около 0.5—0.7 г/л, а в отдельные периоды достигает 1 г/л. Повышенная соленость вод Мургаба объясняется влиянием притоков; некоторые из них (реки Кушка, Кашан) содержат 2—3.5—5 г/л солей; увеличение минерализации вод Мургаба после их впадения достигает 20—70%.

Учитывая, что водный баланс дельты реки Мургаб регулируется в основном испарением и транспирацией, следует считать, что все массы солей, поступающие с водами Мургаба в дельту и достигающие, по исчислениям Васильева 655 000 т/год, практически нацело остаются в ней, вызывая засоление грунтовых вод и почв.

Еще больше сказанное относится к реке Теджен, в водах которой количество легкорастворимых солей в весенний период достигает 0.5 г/л, а в остальное время выражается величиной 1.0—3.0 г/л.

При средних годовых расходах реки Теджен около 30 м³/сек и при отмеченной минерализации вод дельта Теджена в целом получает в течение года до 1 500 000 т солей.

Преобладание в породах, слагающих обе дельты, мелкоземистых грунтов, отсутствие значительных толщ дренирующих галечников, малые уклоны местности (0.0007—0.0008), менее благоприятные вследствие этого условия подземного стока, исключительная сухость климата, способствующая очень высокому испарению,— все это обусловливает более широкое распространение процессов засоления почв в дельтах рек Теджена и Мургаба, чем это имеет место в дельтах рек Сох и Исфара.

Различные варианты засоленных сероземных и луговых солончаковых почв, такыров и солончаков широко встречаются на территории дельт. Даже верхние части дельт, которые у рек Сох и Исфара являются незасоленными, характеризуются у Мургаба и Теджена развитием солончаковатых почв.

Верхние зоны обоих оазисов, используемые под орошаемое земледелие, также, в отличие от ранее рассмотренных примеров, имеют засоленный почвенный покров и характеризуются случаями вторичного засоления.

Наиболее древние части дельт Мургаба и Теджена представлены крупнозернистыми песками различного типа. В толщу этих древнедельтовых песков вложены новейшие дельтовые накопления обеих рек. При этом край древнедельтовых песчаных пространств и древнедельтовой песчаной равнины метров на 30—50 приподнят над поверхностью новейших дельт.

Осадки, слагающие новейшие дельтовые террасы, представлены различными мелко- и среднезернистыми песками, суглинками, солеными глинами, имеющими отчетливую слоистость, характерную для их аллювиально-дельтового генезиса.

Однако на контакте древнедельтовых осадков с коренными берегами прослеживаются линзовидные толщи гравийно-щебенчатых и галечниковых горизонтов мощностью до 1—4 м.

И. П. Герасимов считает, что дельту Мургаба возможно разделить на древнюю, сложенную главным образом песчаными и супесчаными, развеянными с поверхности породами, и молодую, сложенную преимущественно суглинистыми и глинистыми породами и являющуюся основным районом орошения.

Орошение, насчитывающее в дельтах Мургаба и Теджена не менее двух тысячелетий, наложило значительный отпечаток на них. Это проявилось в накоплении довольно значительных толщ культурно-ирригационных наносов, достигающих часто 1—2 м, в образовании специфического рельефа и развитии вторичного засоления.

Благодаря многолетним исследованиям ВНИГИМ (В. В. Спенглер), почвенно-мелиоративные условия дельты реки Мургаб изучены значительно подробнее, чем дельты реки Теджен. Поверхность грунтовых вод дельты Мургаба имеет общую форму конуса, обязанную ясному уклону грунтовых вод от русла реки и главных каналов к пескам. Уклон выражается величиной 0.001—0.003.

По подсчетам С. Л. Миркина, вероятные величины некоторых элементов водного баланса для дельты Мургаба рисуются следующими данными:

Приход

Фильтрация от реки	1 000 м³/га
Фильтрация в каналах	4 800 „
Поливы	1 700 „
Разливы сбросной воды	200 „
	7 700 м³/га

Расход

Испарение и транспирация на полях	1 200 м³/га
Суммарное испарение на перелогах	5 400 „
Отток	1 000 „
	7 600 м³/га

Из этих ориентировочных данных можно видеть, что основным регулятором баланса почвенно-грунтовых вод являются процессы испаре-

ния. Подобныи тип водного баланса и является основной причиной засоления почв оазиса.

В районах сильного питания грунтовых вод намечаются их местные гребни. Один гребень, восточный, идет вдоль Советского канала (старое русло Мургаба) по направлению к г. Байрам-Али, второй, западный, вдоль Мургаба, направлен на северо-запад к пескам. В современных условиях основными факторами питания грунтовых вод дельты Мургаба являются инфильтрация со стороны каналов, инфильтрация со стороны реки, поступление за счет избыточно-поливных вод и сбросные воды в хвостовых частях каналов. Особенно велико (4800 м³/га) питание грунговых вод дельты потерями в ирригационной сети, в большинстве своем не инженерного и полуинженерного типа (параллельность, извилистость каналов, невыдержанность их уклонов и сечения, большой процент — 30—60% — холостого пробега). По данным Спенглер, в районе Байрам-Али фильтрационные воды иногда достигают 2300—5200 м³/га.

Эпизодические паводки, достигающие очень больших размеров (до 250—350 м³/сек), весьма способствуют подъему уровня грунтовых вод и заболачиванию почв. Наступающие после паводков сухие маловодные годы, в свою очередь, весьма способствуют засолению почв вследствие последующего испарения поднятых грунтовых вод и недостатка поливной воды.

Поверхность грунтовых вод, падая от центральных районов дельты Мургаба к ее периферии, характеризуется в общем глубинами 2—5 м близ реки и крупных каналов и около 30 м на периферии дельты (Л. П. Розов).

По условиям глубины уровня грунтовых вод Спенглер выделяет 4 больших массива с грунтовыми водами, лежащими выше 3 м от поверхности Марыйский, с площадью около 547 км², северо-западный, с площадью около 120 км², Байрам-Алийский, с площадью около 43 км², Джарский, с площадью окол 18 км².

Районы высокого залегания уровня грунтовых вод составляют около 20% территории. Остальная часть орошаемой площади имеет глубины грунтовых вод 3—10 м.

Уклоны поверхности грунтовых вод в районах орошения (на II и III террасах, Спенглер) очень невелики и выражаются величинами 0.0004 чаще 0.0007—0.0008, а иногда даже и 0.00004 (в районе Мерв-Эргигузар).

Преобладающие размеры амплитуды колебания уровня грунтовых вод 1—2 м. Максимальное положение уровня грунтовых вод в различных частях дельты Мургаба обусловлено различными факторами. Периферия дельты обычно имеют зимне-весенний максимум, связанный с периодом промывок и сбросом избыточных вод из каналов.

Территории, прилегающие к основным магистральным каналам и речным протокам, имеют максимумы, совпадающие с разгаром орошения и паводком (май — июнь). Неорошаемые и наиболее удаленные от

орошаемых массивов пространства характеризуются наименьшими амплитудами колебания уровня грунтовых вод.

Залегая в мелкоземистых плывунах и суглинисто-глинистых грунтах, грунтовые воды обладают ничтожным дебитом и малыми скоростями движения — 0.2—0.6 м/сутки (Л. П. Розов).

Так как питание грунтовых вод в наибольшей степени осуществляется за счет паводковых вод, проходящих через ирригационную сеть, а также за счет фильтрации ирригационной воды в каналах и на орошаемых полях, то наименее засоленные грунтовые воды приурочены к массивам орошаемой зоны, близко расположенной к речной и ирригационной сети. Содержание Cl и SO_4 в грунтовых водах этих зон дельты составляет примерно, по данным Розова, до 0.3 г/л (для каждого).

Периферические и неорошаемые части дельты Мургаба, по этим же данным, содержат значительно больше солей (Cl более 1 г/л, SO_4 более 1 г/л). Преобладающая величина минерализации грунтовых вод на орошаемых землях оазисов будет 3—4 г/л. Однако на солончаках перелогов и низин минерализация верховодки поднимается до 20—50 г/л.

Почвенный покров обеих дельт отличается большой пестротой и неоднородностью, что объясняется дельтово-аллювиальным происхождением наносов, подвергающихся резким изменениям по профилю и в пространстве, и тесно связано также с отложением культурно-ирригационных наносов и процессами вторичного засоления. Наиболее юные части дельты и русел обеих рек живут еще, по данным Е. В. Лобовой, современным тугайным лугово-солончаковым режимом.

Вследствие подверженности периодическому затоплению эти районы характеризуются сравнительно ограниченной засоленностью почвенного покрова. Некоторые древние части современной дельты и в особенности районы периферические, а также неорошаемые перелоги, характеризуются исключительно высокой засоленностью грунтовых вод, грунтов и почв.

Другой особенностью почв и грунтов II террасы дельты реки Мургаб является засоленность всего профиля — от поверхности до грунтовых вод — на глубину 3—4 м (В. В. Спенглер).

Герасимов и Лобова отмечают для дельт Мургаба и Теджена существование районов недавнего большого обводнения. Эти районы находятся в западной части дельты реки Мургаб и в восточной части дельты реки Теджен; благодаря недавнему очень широкому затоплению, имевшему место на больших площадях, здесь получились значительные отклонения в характере почвенного покрова в сравнении с остальными территориями. Проявляется это в повышенном содержании гумуса и в наличии лугово-тугайной растительности, которая, однако, носит признаки отмирания.

Возникновение и развитие почв обеих дельт начинается с отложения аллювия, который уже в этот период носит признаки засоленности. В дальнейшем аллювий захватывается лугово-солончаковым почвообразованием и сравнительно быстро превращается в солончаки.

Старение дельты и углубление уровня грунтовых вод, влекущие за собой отрыв почвогрунтов от последних, вызывают со временем начало процессов рассоления, остепнение тугайных луговo-солончаковых почв и превращение их в такыры и сероземы.

Рассматривая почвенные карты (рис. 10), можно видеть общую засоленность почвенного покрова на всех частях дельты обеих рек и постепенное нарастание засоленности к периферии дельт. В дельте Мургаба степень засоленности почв увеличивается в Марыйском районе, о чем можно судить по следующим данным.

Площадь сильнозасоленных почв составляет (Спенглер):

	% от всей площади	% от удобной площади
Марыйский райои	13.1	18.7
Байрам-Алийский район . .	3—4.5	4.3

Естественная высокая засоленность и склонность почв периферии дельт Мургаба и Теджена к засолению чрезвычайно неблагоприятны для орошения. Характерная для Мургабского и Тедженского оазисов повышенная минерализация поливных вод способствует усилению этого процесса. Низкий уровень эксплоатации, избыточные расходы воды на поливы, большие потери воды в ирригационных каналах в условиях малой дренированности и низкой водопроницаемости почв и грунтов, слагающих обе дельты, поддерживают высокий уровень грунтовых вод и широкое развитие вторичного засоления. Так, по материалам Л. П. Розова, орошенные земли «несомненно широко засолены». Однако это засоление легко преодолевается зимними промывками даже в бездренажных условиях. Возможность орошения и эффективность промывок в бездренажных условиях объясняется тем, что площадь орошаемых земель по отношению к пустующим территориям чрезвычайно невелика и коэффициент земельного использования «не превышает 0.3» (Розов).

Особенно типичную картину развития вторичного засоления, характерного для подобных дельт, можно видеть на примере Байрам-Алийского хлопкового совхоза. Исследования Всесоюзного института гидротехники и мелиорации показывают, что совхоз расположен в бессточной котловине, имеющей почти неподвижные грунтовые воды, резко поднимающиеся при орошении.

В дореволюционные годы (1912—1915) площадь засоленных земель на этой территории составляла около 100 га. К 1919 г. она выросла до 300 га, к 1927 г.— до 500 га, а в 1931 г. составила более 1000 га. Таким образом, площадь засоленных при орошении земель в течение 15 лет увеличилась на 1000%.

Рост солончаков продолжался и к 1935 г., что выражалось в прогрессивном уменьшении площадей, находящихся под культурой хлопчатника и люцерны (1932 г.— 1770 га, 1934 г.— около 600 га).

Общая площадь дельты реки Мургаб, по данным И. П. Герасимова, достигает 400 000 га. Из них на площади более 300 000 га возможно орошение.

Площадь дельты Теджена вместе с частью долины его, по этим же данным, составляет 650 000 га, в числе которых 4000 га относится на

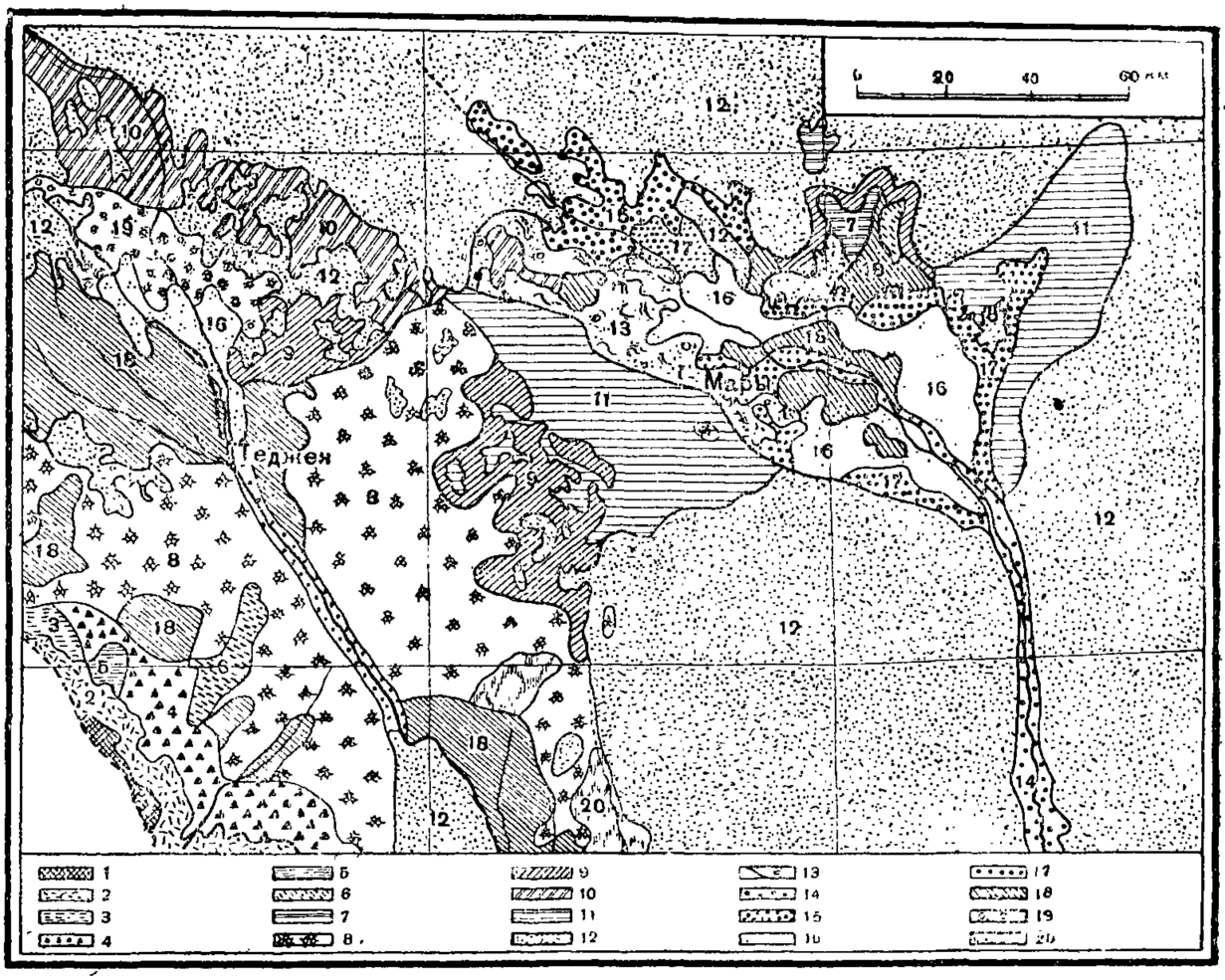


Рис. 10. Почвы сухих дельт рек Мургаба и Теджена (И. П. Герасимов). Условные обозначения:

1 — темные сероземы. *2* — типичные сероземы эродированные, каменистые. *3* — светлые сероземы. *4* — то же, каменистые. *5* — то же орошаемые. *6* — сероземы примитивные, такыри и солончаки. *7* — сероземы примитивные такыровидные, супесчаные и легкосуглинистые. *8* — сероземы примитивные, такырные, солончаковые, глинистые. *9* — сероземы примитивные и такыры. *10* — сероземы примитивные, такырные с пятнами луговых. *11* — плоскохолмистые пески с примитивными сероземами и такырами. *12* — холмисто-бугристые пески с песчаными и супесчаными сероземами. *13* — то же, с луговыми солончаковатыми почвами. *14* — луговые и болотно-луговые почвы с пятнами солончаков и песков. *15* — сероземно-луговые почвы солончаковые. *16* — то же, с пятнами орошаемых почв. *17* — то же, супесчаные и песчаные. *18* — то же, с пятнами орошаемых песчаных и солончаковых. *19* — сероземно-луговые с пятнами орошаемых, солончаковые. *20* — солончаки.

долю пустынно-такырных почв и 20 000 — на долю орошаемых и древнезалежных земель.

Неорошаемые и старозалежные почвы в пределах новой дельты представлены разновидностями лугово-солончаковых и солончаковых почв, а также злостных солончаков. В последних скопляется иногда в верхних слоях до 25% солей. Большие массивы солончаков отмечаются различными авторами на пространстве между дельтой Мургаба и и Теджена, где соприкасаются их периферии.

Данные о земельном фонде дельты Мургаба приведены в табл. 10.

По этим данным, 82.5% поверхности дельты представлено почвами незасоленными и слабозасоленными, 17.5% — засоленными и сильнозасоленными почвами с близкими грунтовыми водами. Около половины

Таблица 10

Земельные фонды дельты реки Мургаб, в га
(ВНИГИМ) на 1926 год

Механический состав грунтов	Общая площадь земель, пригодных к орошению, в га	Залегание грунтовых вод от поверхности			Степень засоления	
		0—3 м	3—10 м	> 10 м	Незасоленные и слабозасоленные	Засоленные и сильнозасоленные
I. В пределах орошаемой зоны						
Песчаные и супесчаные . .	63 900	7 700	31 000	25 200	63 900	—
		12%	48.5%	39.5%	100%	
Среднесуглинистые	146 900	19 600	95 800	31 500	127 800	19 100
		13.4%	65.2%	21.4%	87%	13%
Глинистые	39 500	13 000	24 800	1 700	—	39 500
		32.9%	62.8%	4.3%		100%
Всего	250 300	40 300	151 600	58 400	191 700	58 600
		16.7%	60.0%	23.3%	77%	23%
II. Вне пределов орошаемой зоны						
Грунты песчаные и супесчаные	67 300	18 000	22 700	26 600	67 300	—
		26.7%	33 7%	39.6%	100%	
Суглинистые и глинистые, затакыренные	28 500	—	—	23 500	28 500	—
				100%	100%	
Всего	95 800	18 000	22 700	55 100	95 800	—
		18.8%	23.7%	57.5%	100%	
Итого по I и II	346 100	58 300	174 300	113 500	287 500	58 600
		16.8%	50.4%	32.8%	82.5%	17.5%

(50.4%) площади приходится на почвы с грунтовыми водами, лежащими на глубине 3—10 м. Глинистые почвы, как правило, засолены, что будет затруднять их мелиорацию.

В пределах Марыйского района засоление является наиболее высоким, охватывая до 20% орошаемых площадей (Спенглер).

Коэффициент земельного использования в Мургабском оазисе колеблется в пределах 0.3—0.6. По материалам же САНИИРИ, этот коэффициент может быть повышен до 0.80—0 85 Расширение коэффициен-

та земельного использования должно будет по необходимости итти во многих случаях за счет освоения засоленных и солончаковых почв, которые и занимают ныне неосвоенные пустующие земли, играющие роль регуляторов уровня и баланса грунтовых вод. Однако возможность нового освоения земель на Мургабе ограничивается водными ресурсами реки Мургаба; Таш-Кепринское водохранилище позволяет освоить дополнительно 10 000 га (Спенглер).

Дальнейшее расширение орошения возможно вместе с тем за счет упорядочения водопользования, уменьшения потерь в сети и на полях, улучшения техники полива, что совершенно необходимо также в целях профилактики и борьбы с засолением.

До последних лет для дельты Мургаба было характерно чрезвычайно непроизводительное использование оросительной воды. До двух третей забираемой ирригационной системой воды шло на питание грунтовых вод. Соответственно важнейшим мероприятием, которое оздоровит мелиоративное состояние Мургаба и будет способствовать снижению уровня грунтовых вод и ослаблению процесса засоления, будет переустройство и рационализация еще оставшихся не инженерных элементов в ирригационных системах, а также введение жесткого планового водопользования. Оба этих мероприятия позволят значительно уменьшить питание грунтовых вод.

Вместе с тем, дельтовые части оазиса (в первую очередь районы Марыйской и Байрам-Алийской систем, а также совхоз) должны быть обеспечены дренажно-коллекторной сетью, задачами которой должны быть ликвидация сильного засоления в этих районах и изменение суммарного водно-солевого баланса оазиса.

5. Сухая дельта реки Ширабад-Дарьи

Для того чтобы закончить рассмотрение процессов образования засоленных почв в сухих дельтах, остановимся еще на дельте реки Ширабад-Дарья, являющейся примером крайне яркого развития естественного и вторичного засоления, обязанного как неблагоприятным условиям естественного дренажа, так и высокой минерализации речной воды.

Обширная дельта реки Ширабад-Дарья вложена в межгорную долину, образованную на западе Келиф-Ширабадской горной грядой и на востоке горами Хаудак-тау. Вершина дельты уходит к горам Беш-кыз, а ее южная периферия гигантским веером размещается по правобережью Аму-Дарьи, примерно между Старым Термезом и станцией Болдыр. Общее падение поверхности дельты направлено к югу и выражается величинами порядка 0.004—0.006.

Для рельефа дельты характерно наличие нескольких возвышенностей и останцов, вытянутых с севера на юг депрессий и, наконец, обширной солончаковой впадины, расположенной в виде полукруга в центральной части дельты и почти не имеющей выхода к югу.

Дельта Ширабад-Дарьи сложена мощными тяжелоглинистыми и суглинистыми, во многих случаях, особенно к вершине дельты, скелетными мелкогалечниковыми породами, имеющими слоистость, очень пестрое строение, отдельные линзы чистых песков и галечников. Наиболее близко галечниковые слои подходят к поверхности в районе г. Ширабада, расположенного в самой верхней части дельты. Здесь они обнаруживаются на глубине 1—2 м.

Ширабадский ирригационный оазис сравнительно молод, и поэтому культурно-ирригационные наносы здесь невелики. Дельта имеет очень сложную гидрографическую сеть, покрывающую поверхность сложной сеткой крупных и мелких каналов. Реки и ирригационные каналы являются мощными факторами питания грунтовых вод дельты, которые имеют ясно выраженный уклон к ее периферии.

Высокая минерализация вод Ширабад-Дарьи — около 0.6—1.0 г/л — преобладание в составе легкорастворимых солей хлоридов вызывают высокую соленосность пород, слагающих дельту, высокую минерализацию грунтовых вод и соленость почвенного покрова.

Горные сооружения, слагающие бассейн Ширабад-Дарьи, богаты третичными соленосными породами, а также отдельными месторождениями каменной соли. Это обусловливает высокую минерализацию вод Ширабад-Дарьи. Это же способствует дополнительному притоку легкорастворимых солей в Ширабадскую долину.

Верхняя часть дельты, расположенная в непосредственной близости к г. Ширабаду и поясом вокруг него, сложена мощными неслоистыми и слабослоистыми глинами и суглинками, средне- и сильноскелетными, которые подстилаются галечниками на глубине 0.5—1—2 м от дневной поверхности. Грунтовые воды лежат на глубине 10—15 м.

Этот район является основной областью питания грунтовых вод. Неорошаемые почвы этого района носят явный такыровидный сероземный характер и отчетливые признаки остаточной засоленности.

Орошаемые земли верхней части дельты, имея маломощные культурные ирригационные наносы, несут отчетливые черты современного засоления. Центральная часть дельты, так называемое урочище Куль-Майгыр, представляет собой опоясывающее верхнюю часть дельты обширное понижение с озерами и болотами, расположенными в наиболее глубоких частях депрессии.

Сложенная соленосными глинами и суглинисто-скелетнопесчаными отложениями, депрессия характеризуется высокоминерализованными, близкими к дневной поверхности грунтовыми водами (0.5—2.5 м) и широким развитием пухлых и корковых солончаков, болотно-солончаковых и лугово-солончаковых почв (рис. 11).

Куль-майгырская депрессия является обсыхающим болотно-озерным водоемом с выраженными процессами соленакопления в грунтовых водах и почво-грунтах.

Длинные узкие полосы солончаков от этой депрессии простираются к югу, к периферической части дельты. Южная периферическая часть

дельты несколько более дренирована, чем остальная ее территория, вследствие близости к такой мощной естественной дрене, как русло реки Аму-Дарьи.

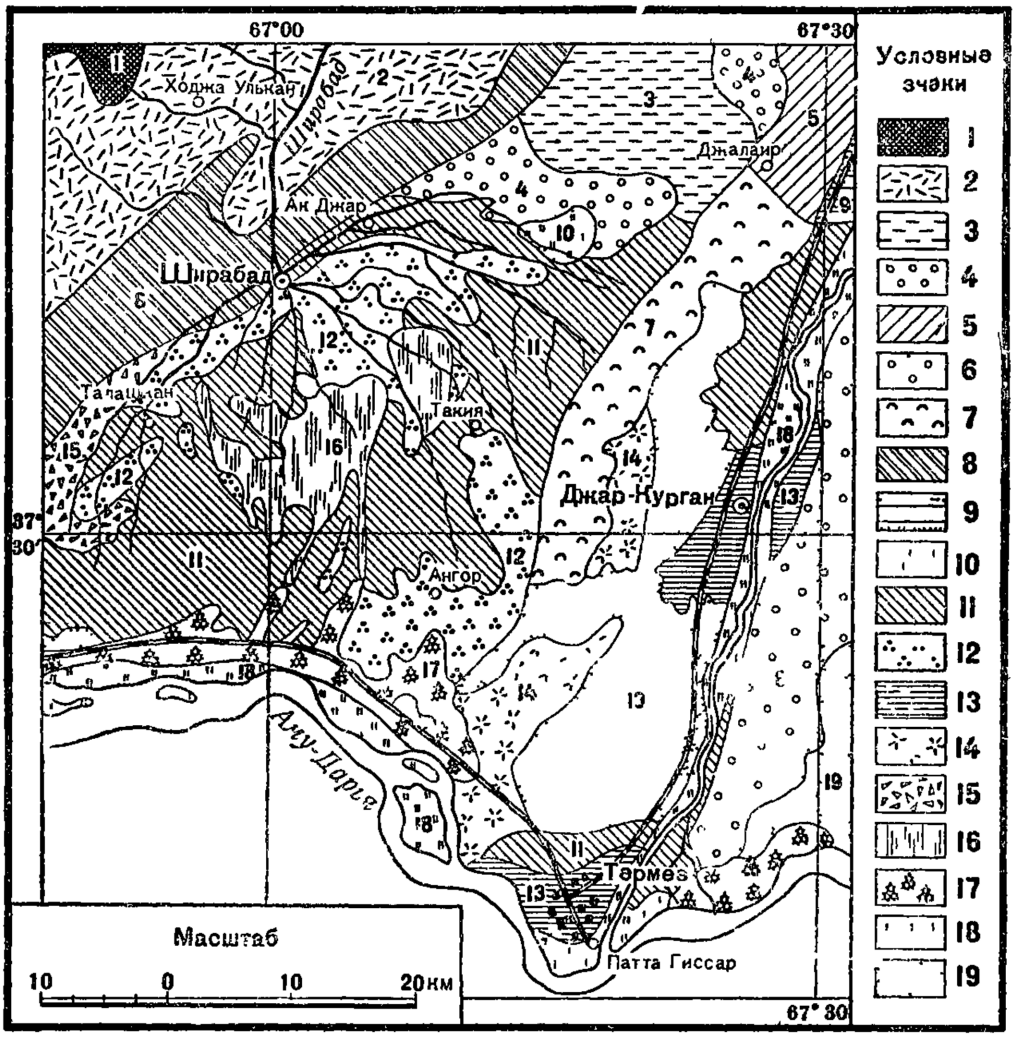


Рис. 11. Почвы Ширабадского орошаемого оазиса (А. Н. Розанов, С А Шувалов)
Условные обозначения·

1 — темные сероземы эродированные, глинистые и суглинистые *2* — типичные сероземы остаточно-засоленные и гипсоносные, эродированные, скелетные *3* — светлые сероземы солончаковые, глинистые *4* — то же, супесчаные и с,глинистые *5* — то же, эродированные, с\глинистые, *6* — светлые сероземы, супесчаные и песчаные *7* — то же, эродированные, супесчаные и песчаные *8* — то же, солончаковатые, эродированные, скелетные с выходами коренных пород *9* — поливные светлые сероземы суглинистые и глинистые *10* — поливные светлые сероземы солончаковатые, суглинистые и глинистые *11* — примитивные такырные сероземы солончаковатые, глинистые и суглинистые, *12* — поливные примитивные такыровые сероземы, солончаковые *13* — то же, с мощным ирригационным наносом. *14* — примитивно-скелетные гипсированные сероземы *15* — то же, каменистые. *16* — солончаки *17* — комплекс такырных солончаковых сероземов, такыров и солончаков *18* — комплекс аллювиально-луговых солончаковых почв различного механического состава *19* — пески

Эта часть дельты сложена тяжелосуглинистыми и суглинистыми, частью пылеватыми и песчанистыми отложениями и имеет такыровидные сероземы, засоленные почвы и солончаки.

Соленосность материнских пород, низкая проницаемость их и, в особенности, высокая минерализация поливной воды обусловливают чрезвычайно сильное проявление вторично-солончаковых процессов в дельте Ширабад-Дарьи.

По данным А. Н. Розанова, почти все почвы территории дельты засолены. Лишь некоторые разности поливных почв и сероземов не засолены в пределах первого метра. Особенно большому засолению подвергаются пустующие переложные земли, которые аккумулируют на себя грунтовые воды и соляные растворы окружающих орошаемых территорий.

Высокая минерализация поливных вод вызывает засоление даже в окрестностях гор. Ширабада, где неглубоко от поверхности залегают галечниковые горизонты.

Население Ширабадской долины принуждено после нескольких лет орошения забрасывать засоляющиеся почвы, распахивая новые массивы и подводя к ним воду.

6. Главнейшие мероприятия по борьбе с засолением в ирригационных оазисах, расположенных в сухих дельтах

Рассмотрение водно-солевого режима и процессов соленакопления в субаэральных дельтах различного типа позволяет выделить в их пределах две резко различные по природным и мелиоративным условиям зоны:

а) Верхняя часть дельт (зона рассоления и транзита), характеризующаяся глубоким залеганием пресных грунтовых вод, имеющих хороший подземный отток благодаря высокой проницаемости водовмещающих пород (галечники и пески) и бóльшим уклонам.

б) Периферическая часть сухих дельт (зона засоления), характеризующаяся минерализованными грунтовыми водами с засоленными и склонными к засолению солончаковыми почвами.

Во многих случаях (Сох, Исфара) различается промежуточная зона — зона выклинивания грунтовых вод в виде узкой прерывистой полосы с выходом на дневную поверхность подземных пресных и слабозасоленных грунтовых вод и образованием заболоченных массивов и родников.

Потери фильтрационных и избыточно-поливных вод в первой зоне отражаются в зоне выклинивания грунтовых вод и в особенности на периферии сухих дельт, поддерживая здесь высокий уровень грунтовых вод, увеличивая запасы солей в них, способствуя росту засоления почв.

Мероприятия по предупреждению и борьбе с засолением в ирригационных оазисах подобного типа (Сохский веер, Исфаринский веер, Мургаб, Теджен и др.) должны быть направлены на максимально возможное уменьшение потерь воды в ирригационной сети и на поливных полях в верхней зоне, питающей периферические зоны. Во многих случаях (Сох, Исфара, Шахимардан) целесообразно предусмотреть сокращение в этой зоне площади полевых культур, требующих большого количества воды, с отведением этих территорий под сады и виноградники.

При освоении почв периферической части сухих дельт (зона засоления) ведущее значение в целях сплошного освоения засоленных почв приобретает устройство глубокой дренажно-коллекторной сети для снижения уровня и отвода минерализованных грунтовых вод.

В переходной части — в районах выклинивания грунтовых вод — необходимо сооружение сети мелких осушительных дрен для каптажа пресных грунтовых вод с целью отвода их и использования для орошения. Вместе с тем в раойнах выклинивания грунтовых вод необходимо сократить как число поливов, так и оросительную норму с целью повышения использования грунтовых вод для развития растений.

Высокий эффект в смысле борьбы за снижение уровня грунтовых вод должно дать планомерное переустройство ирригационных систем, расположенных на сухих дельтах (Сох, Исфара, Мургаб), с целью устранения свойственного древним неинженерным системам многоголовья и излишней сети и протяженности ирригационных каналов, дающих большое количество фильтрационных вод. Столь же целесообразным будет запрещение сброса избыточных вод в концевые (хвостовые) части ирригационных систем на периферию сухих дельт, чтобы избежать обычного заболачивания почв в понижениях рельефа на периферии сухих дельт, питания грунтовых вод и засоления.

Культура риса должна быть совершенно устранена с верхних частей сухих дельт как подтопляющая нижележащие зоны. Поля риса должны сосредотачиваться крупными массивами на засоленных землях периферии сухих дельт с целью освоения наиболее засоленных почв, при обязательном обеспечении оттока грунтовых вод глубокими действующими дренами.

7. Субаэральная дельта реки Зеравшан (Бухарский и Каракульский оазисы)

Одним из наиболее своеобразных примеров субаэральных дельт являются низовья Зеравшана, занятые Бухарским и Каракульским оазисами. Долина Зеравшана после сужения ее отрогами Зеравшанского хребта в районе Шартали-Хазара между станциями Кызыл-тепе и Кермине образует огромное вееpоподобное расширение, имеющее поперечник с севера на юг на меридиане Куш-Мазар 28 км, а на меридиане Ст. Бухара — 60—65 км и протяженность с запада на восток 75 км. Естественными границами этой так называемой Бухарской части дельты Зеравшана служат на востоке и юго-востоке Ак-Мазарская и Сары-Ташская возвышенности, сложенные соленосными меловыми и третичными породами. Северо-западные границы дельты уходят в глубь Кызыл-кумов, на юге Бухарский оазис примыкает к Каршинской степи. Западнее между станциями Каракуль и Якка-тут долина реки Зеравшан вновь сжата выходами коренных третичных пород, образующих западную границу Бухарской дельты. Река Зеравшан, носящая здесь название Каракуль-Дарья, пропилив эти выходы коренных пород, образует к запа-

ду несколько меньшую по размеру вторую дельту, на которой расположен так называемый Каракульский оазис.

Каракульская дельта на западе упирается в гряды коренных третичных пород, выходящих на дневную поверхность вдоль правого берега реки Аму-Дарья; на юго-востоке и северо-западе она ограничена уступами третичных пород, идущими от озера Денгизкуль, на юге и юго-западе переходит в древние пески. В точном смысле этого слова субаэральной дельтой реки Зеравшан является Каракульская часть ее; Бухарская же часть дельты представляет собой образование переходного типа между широкой аллювиальной равниной и дельтой.

Сравнительно значительный научно-исследовательский материал имеется лишь по Бухарской дельте Зеравшана, главным образом по ее левобережной части, являющейся системой, подвешенной к каналу Шахруд.

Правобережная часть Бухарского оазиса, орошаемая другим каналом Вабкент, исследована меньше. Однако общие особенности в левобережной и правобережной частях Бухарской дельты близки между собой, и характеристика дельты в целом может быть удовлетворительно дана по материалам Шахрудской ирригационной системы.

Бухарская дельта Зеравшана представлена пологой равниной, имеющей общий уклон к западу порядка 0.0005 и частные уклоны к северной и южной периферии дельты. Равнинный рельеф оазиса разнообразится руслом Зеравшана, каналами Шахруд и Вабкент, воды которых протекают в своих отложениях, а также замкнутыми и полузамкнутыми впадинами и депрессиями, заполненными сбросными озерами.

Поверхность Бухарской дельты Зеравшана может быть разделена на три древние террасы. Пойменная терраса имеет ширину до 2—2.5 км и возвышается над уровнем воды на 1—1.5 м. Эта терраса сложена галечниками и песками. Диаметр гальки уменьшается постепенно вниз по течению реки.

I терраса возвышается над поймой реки, в свою очередь, на 1—1.5 м и не получает широкого развития.

Основная поверхность Бухарской дельты Зеравшана представлена II террасой, именуемой многими авторами Бухарской. Она возвышается над поверхностью I террасы на 2—5 м. Орошаемые земли Бухарского оазиса сосредоточены на этой террасе.

Орошаемое земледелие в течение многих столетий своей истории сильно отразилось на природных условиях Бухарской дельты. Наличие сглаженного чашевидного рельефа, мощные, до 2—3 м, агро-ирригационные отложения, покрывающие всю поверхность Бухарского оазиса, обязаны своим происхождением длительной истории ирригации. Несомненно, что в формировании современного облика Бухарской дельты орошение сыграло исключительно большую роль.

Ирригационные каналы Шахруд и Вабкент, питающие своими водами левобережные и правобережные части Бухарского оазиса, существуют не менее 100 лет и приобрели уже характер рек, имеющих террасы

и поймы. Есть указания на то, что канал Вабкент был в X веке одним из русел Зеравшана.

Основная поверхность Бухарской дельты Зеравшана сложена слоистыми суглинистыми отложениями, имеющими в верхних 2 м прослои песков, иногда линзы галечников. Общая мощность дельтовых отложений 10—11 м; отложения представлены глинами, суглинками и супесями, лежащими на галечниково-гравийных песчанистых толщах. Мощность галечниковых гравийных отложений постепенно уменьшается к окраинам оазиса, где они выклиниваются. На глубине 10—17 м дельтовый аллювий лежит на размытой поверхности глинисто-мергелистых отложений или конгломератах неогена. Бессточные депрессии и впадины, занятые часто эфемерными болотами или озерами (Хасан-хан, Сифион, Богоуддин и многие другие), имеют общее западное направление по их наибольшей оси. Сложены они обычно тяжелосуглинистыми и глинистыми аллювиальными отложениями, имеющими, однако, на глубине 1.5—3 м также прослои песков и супесей. По периферии Бухарской дельты прослеживаются большие вытянутые понижения, являющиеся, повидимому, древними руслами Зеравшана. Таковы понижения: Кую-Мазар (до 18 км), Кунджа-куль, Ходжа-каб и др. Как и во всякой другой субаэральной дельте, в Бухарской дельте Зеравшана отчетливо намечаются уменьшение размера механических частиц и увеличение доли участия суглинистых и глинистых отложений в наносах к северной, южной и западной периферии дельты.

Основным фактором питания грунтовых вод оазиса и поддержания их на высоком уровне, способствующем заболачиванию и засолению, являются паводковые воды, которые поступают в низовья Зеравшана. Не имея катастрофической сбросной сети, Бухарский и Каракульский оазисы принуждены мириться с необходимостью прохождения этой огромной массы воды (до 900 м^3/сек) по ирригационной сети и сбрасывать их в низины, впадины и на пустыри. Поступающая с паводками вода, таким образом, является основной и ведущей причиной питания грунтовых вод оазисов и основным источником пополнения запаса солей.

К этому присоединяются воды, теряющиеся на фильтрацию в ирригационной сети и на полях при поливах и при промывках.

Поверхность грунтовых вод обнаруживает отчетливые уклоны от русел Шахруда и Вабкента к периферии оазисов и отчасти к руслу Зеравшана (рис. 12). Однако дренирующее влияние Зеравшана ничтожно, и суммарный расход сбросных и выклинивающихся в него вод в Бухарской дельте, по подсчетам В. Л. Шульца, не превышает 0.2 м^3/сек. Ближайшая к руслу Зеравшана зона находится под его непосредственным питающим влиянием. Карты гидроизогипс, составленные Н. А. Кенесариным, подтверждают высказанное положение о громадном питающем влиянии каналов Шахруд и Вабкент.

По расчетам того же автора, действительная скорость движения грунтового потока в нижних песчано-галечниковых грунтах дельты выражается величиной 0.086 м/сутки, а в верхних суглинисто-глинистых

грунтах — 0.002 м/сутки. Зона наименьших глубин грунтовых вод тяготеет, естественно, к области питания, т. е. к руслу Зеравшана, Шахруду и Вабкенту. Здесь глубина грунтовых вод выражается величиной около 0.5—1.0 м. Кроме того, близкие к дневной поверхности грунтовые воды встречаются в районе депрессий и сбросных болот.

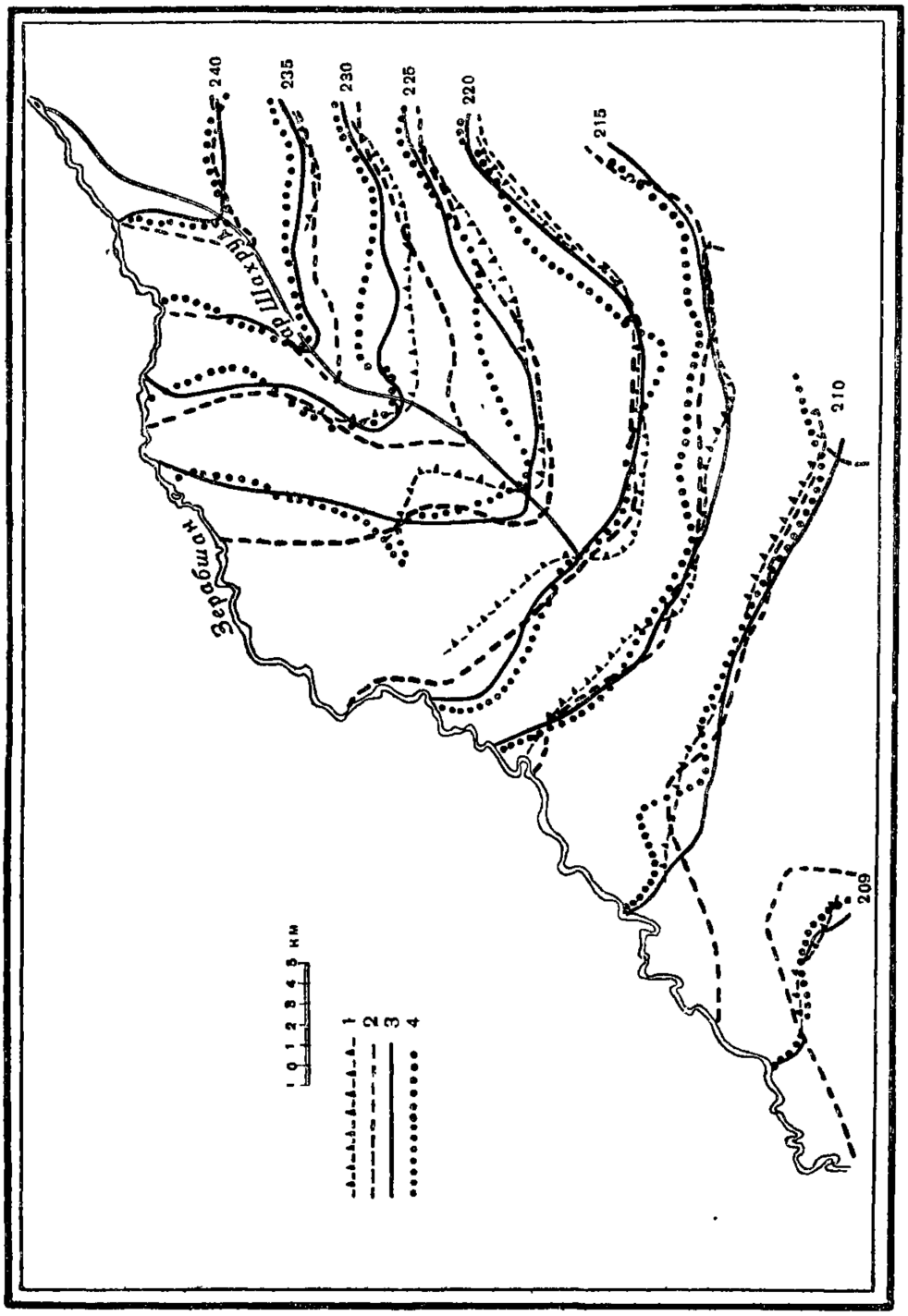


Рис. 12. Питание каналом Шахруд грунтовых вод Бухарского оазиса (Н. А. Кенесарин):
1 — гидроизогипсы на максимум (апрель, май) 1934 г. *2* — то же, 1935 г. *3* — то же, 1936 г. *4* — то же, 1937 г

За пределами этой Пришахрудской и Привабкентской зоны близкого залегания грунтовых вод начинается зона более глубокого расположения грунтовых вод (2—3 м). Наконец, на южный и, особенно, северной периферии оазиса обнаруживается зона наиболее глубокого залегания грунтовых вод (5—7 м).

В режиме грунтовых вод Бухарского оазиса положительную роль

играет существующая сеть коллекторов. Однако, вследствие недостаточной глубины этих коллекторов и выведения их устьевых частей в бессточные внутриоазисные впадины, проблема отвода грунтовой воды в оазисе не была полностью разрешена. Таким образом, Бухарская дельта является оазисом, практически недренированным.

Анализ водного баланса Шахрудской ирригационной системы на период 1931—1933 гг. позволил В. Л. Шульцу установить, что величина среднего расхода грунтовых вод на испарение в системе равна примерно 950 мм. Отсюда В. Л. Шульц приходит к совершенно правильному выводу о том, что основным фактором балансирования грунтовых вод Бухарского оазиса, фактором, определяющим положение уровня грунтовых вод в нем, является расход их на испарение.

При среднемесячном расходе Зеравшана 80 м³/сек у створа Хазаринской гидрометрической станции общее количество воды, поступающее за год в сухую дельту Зеравшана, выражается величиной порядка 2500 млн. м³. Если принять среднее содержание солей в воде Зеравшана равным 0.4 г/л, то ежегодное количество солей, поступающих в сухую дельту Зеравшана, будет достигать 1 млн. т. Эта масса солей, состоящая наполовину из углекислого кальция и гипса, а наполовину из хлоридов и сульфатов натрия и магния, будет целиком оставаться в грунтовых водах и почвогрунтах сухой дельты, так как последняя практически бессточна. Лишь часть солей периодически уходит в сторону Денгиз-куля. При общей площади дельты 354 000 га, на 1 га приходится, таким образом, около 3 т солей в год. Это является довольно существенной величиной, способной вызвать значительное засоление в течение одной-двух сотен лет. Однако процесс соленакопления в Бухарской и Каракульской частях дельты Зеравшана происходит весьма неравномерно и тяготеет в основном к периферическим бессточным частям оазиса.

В соответствии с общим характером водно-солевого баланса сухой дельты Зеравшана формируется и минерализация ее грунтовых вод. Районы питания грунтовых вод, прилегающие к Зеравшану и, в особенности, к каналам Шахруд и Вабкент, опреснены и имеют минимальные концентрации солей порядка 0.2—1.0 г/л. По солевому составу эти воды щелочные.

Периферийные районы более глубоких грунтовых вод имеют минерализацию порядка 2—3—5 г/л и по составу солей являются карбонатно-сульфатными или хлоридно-сульфатными. Такие величины минерализации и состава солей этого типа (хлоридно-сульфатного) преобладают на территории Бухарского оазиса.

Внутриоазисные депрессии, занятые солончаковыми почвами, и периферические части оазиса, имеющие глубокие грунтовые воды, характеризуются уже минерализациями 10—12 г/л, а иногда и 75—100 г/л. Соответственно в составе легкорастворимых солей при этом начинают преобладать хлориды. Однако воды этого типа в культурной освоенной полосе оазиса имеют подчиненное значение.

Сопоставляя минерализацию грунтовых вод с характером почвенного покрова, С. Н. Пустовойт установил, что культурно-поливным почвам центральных частей оазиса, обеспеченным ирригационной водой и прилегающим близко к каналу Шахруд, свойственна минерализация грунтовых вод порядка 0.8—6.0 г/л. Более минерализованные грунтовые воды свойственны уже почвам периферических частей оазиса, где ощущается некоторый недостаток в поливных водах.

Почвы, прилегающие к наиболее крупным каналам, характеризуются грунтовыми водами, полностью опресненными за счет влияния фильтрационных вод.

Наиболее минерализованные грунтовые воды прослеживаются под солончаками периферии оазиса и старых перелогов. По данным Пустовойта, здесь встречаются воды, содержащие до 184 г солей в литре. Все же исследования, проведенные нами вместе с А. Н. Розановым в Бухарском оазисе в 1940 г., показывают, что под солончаками орошенной части Бухарского оазиса грунтовые воды, в отличие от Голодной Степи и Ферганы, чаще характеризуются сравнительно невысокой минерализацией порядка 5—10 г/л.

Судя по тому, что грунтовые воды, по данным Пустовойта, взятые после откачки, имеют минерализацию больше, чем взятые до откачки, можно предполагать, что с глубиной минерализация грунтовых вод в Бухарском оазисе повышается и что на контакте четвертичных и третичных отложений грунтовые воды имеют минерализацию наивысшую, растворяя соли, находящиеся в третичных породах.

Преобладание на территории Бухарского оазиса в его центральных частях сравнительно пресных грунтовых вод обязано общему опреснению их под влиянием многовекового орошения, вызвавшего замещение минерализованных вод пресными и оттеснение минерализованных вод под давлением пресных фильтрационных к периферии оазисов и на неорошаемые пустующие массивы.

Таким образом, современное распределение солей в Бухарском оазисе является в значительной степени вторичным и обязано ирригации.

Почвенный покров Бухарского оазиса является также вторичным, созданным ирригацией и имеющим мало общего с первичным доирригационным почвенным покровом. По исследованиям, проведенным Орловым, Пустовойтом, Шуваловым и др., староорошаемые районы Бухарского оазиса имеют различные варианты поливных луговых и слабозасоленных почв пестрого механического состава. Они перемежаются с пятнами солончаков, занимающими повышения микрорельефа на поливных полях, а также с массивами солончаков на внутриоазисных депрессиях и перелогах.

Периферические части оазиса представлены лугово-солончаковыми и солончаковыми почвами, а различного рода депрессии и впадины, служащие для сброса избыточных вод, заняты чаще всего соляными болотами и солончками (рис. 13). Недостаток ирригационной воды, характерный до последних лет для Бухарского оазиса, и высокий уровень

залегания грунтовых вод, обязанный паводкам, способствовали широкому развитию процессов засоления почв в Бухарском оазисе. На 1 мая 1940 г., по данным Нижнезеравшанского управления водного хозяйства, во всей группе Бухарских районов до 74 400 га земель было в той или

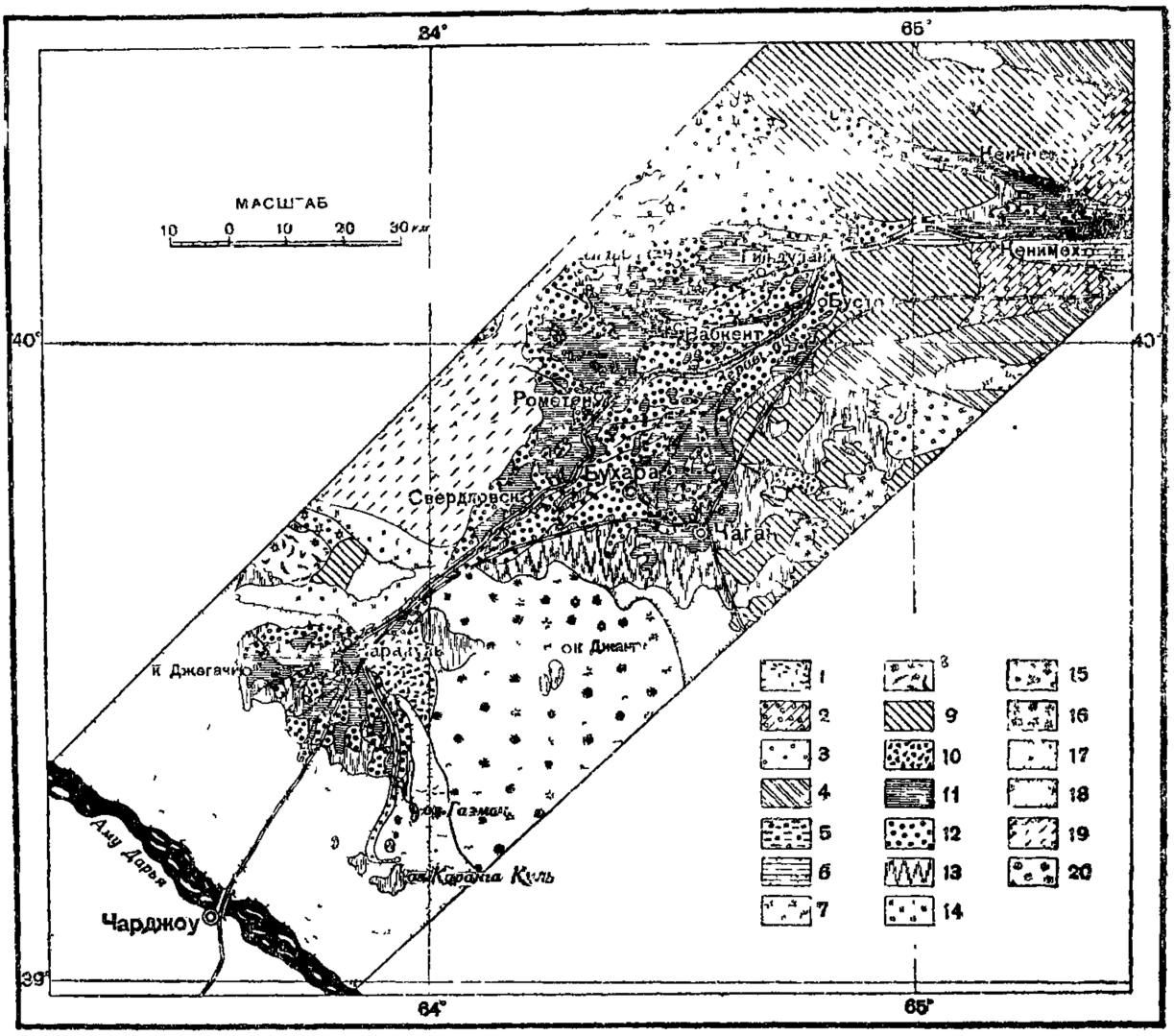


Рис. 13. Почвы Бухарского и Каракульского орошаемых оазисов (С. А. Шувалов). Условные обозначения:

1 — типичные сероземы эродированные, каменистые, с выходами каменных пород. *2* — светлые сероземы, хрящеватые и с глинистые. *3* — то же, галечниковые, супесчаные. *4* — светлые сероземы эродированные, скелетные, с выходами коренных пород. *5* — поливные светлые сероземы, суглинистые и супесчаные, каменистые. *6* — то же, суглинистые и глинистые, с мощным ирригационным наносом. *7* — примитивные сероземы легкого механического состава с пятнами такырных сероземов. *8* — примитивные песчаные и супесчаные сероземы. *9* — примитивные скелетные гипсированные сероземы. *10* — то же, эродированные с выходами горных пород. *11* — поливные светлые луговые почвы, глинистые и суглинистые, с мощным ирригационным наносом, солончаковые. *12* — поливные сероземно-луговые почвы, суглинистые и супесчаные, с мощным ирригационным наносом, солончаковые. *13* — солончаки. *14* — комплекс светлых луговых солончаковых почв, аллювиальных луговых почв и солончаков разного механического состава. *15* — комплекс примитивных супесчаных сероземов, галечников, такыров, песков. *16* — комплекс примитивных скелетных гипсированных сероземов; песков, на древних коренных породах. *17* — комплекс песков, светлых луговых почв и солончаковых сероземно-луговых почв. *18* — пески на аллювиальных и пролювиальных отложениях *19* — пески на территориид древних заброшечных оазисов. *20* — пески на третичных и мезозойских породах.

иной степени засолено и общая площадь засоленных земель по отношению ко всей орошаемой площади составляла 40.2%. Не менее 15—20% в том числе находится под солончаками, не дающими совершенно никакого урожая. К этим цифрам, характеризующим засоленность орошаемых территорий Бухарского оазиса, нужно добавить 40 000—50 000 га солончаков и засоленных почв периферии оазисов и внутриоазисных пустующих земель.

Исследуя характер современного засоления почв Бухарского оазиса, Ковда и Розанов натолкнулись на чрезвычайно интересное явление. Засоленные почвы и солончаки Бухары, в отличие от Голодной Степи и Ферганы, характеризуются преимущественно поверхностными формами засоления и малой загипсованностью. Легкорастворимые соли приурочены главным образом к верхним 0—10—20 см. Остальные горизонты почвенного профиля засолены сравнительно мало, а грунтовые воды, как мы отметили выше, обычно минерализованы также не сильно.

Такой характер засоления почв Бухарского оазиса обязан также длительной истории орошения, способствовавшего опреснению грунтовых вод, грунтов и перемещению солей с центральных освоенных территорий оазиса к его периферии.

Этот процесс совмещался и усиливал естественный процесс миграции и дифференциации солей в субаэральной дельте от ее верхних и центральных частей к периферии.

Каракульская дельта Зеравшана в значительной степени повторяет черты Бухарской дельты. К сожалению, данных для подробной характеристики Каракульского оазиса почти нет. Поверхность Каракульского оазиса представлена, в отличие от Бухарского, всего лишь одной террасой. Бессточные депрессии и впадины, свойственные Бухарскому оазису, широко представлены и здесь и также обычно заполнены паводкозыми сбросными водами.

Дельтовые отложения, слагающие территорию оазиса, состоят из мелкозернистых глинистых песков, супесей и суглинков. Мощность четвертичных отложений не больше 10 м. На периферии оазиса они сменяются выходящими на дневную поверхность третичными соленосными породами.

Грунтовые воды генетически непосредственно связаны с паводками, речной и ирригационной водой, а также с разливами сбросных озер и болот.

Грунтовые воды не имеют выраженного общего стока, расходуясь преимущественно на испарение и транспирацию. Поверхность грунтовых вод имеет явно выраженный уклон от центральной части дельты, питаемой речными и ирригационными водами, к ее периферии. Многовековой отток грунтовых вод от центральных частей оазиса к периферии создал и здесь зоны некоторого опреснения грунтов в центральных, обеспеченных водой территориях оазиса и усилил соленакопление на его периферии и на пустующих массивах.

Бессточность Каракульского оазиса, сброс на его территорию избы-

точных вод всего бассейна Зеравшана (вплоть до затопления), близость грунтовых вод к поверхности и расход их на испарение — все это усиливает процесс соленакопления в Каракульской дельте Зеравшана и способствует развитию здесь многочисленных вариантов засоленных почв и солончаков. Земельный фонд Бухарского и Каракульского оазисов, подсчитанный СоюзНИХИ (И. П. Фелициант), приводится в табл. 11.

Таблица 11

Степень использования земель низовьев Зеравшана под орошаемое земледелие

Районы	Площади по материалам почвенных съемок. Всего орошаемых, в га	Площади по материалам Нархозучета на 1940 г. Всего поливных, в га
Кермининский	34 914	16 695
Кенимехский	15 000	7 454
Кзыл-Тепинский	17 729	13 973
Гиждуванский	27 067	22 869
Шафриканский	17 470	14 330
Вабкентский	32 042	23 564
Ново-Бухарский	12 490	8 441
Старо-Бухарский	45 965	27 825
Рометанский	26 434	17 382
Свердловский	17 860	11 699
Каракульский	30 469	21 022
Итого	277 440	185 254

По этим данным, в Бухарском и Каракульском оазисах на 1940 г. имелось почти 100 000 га орошавшихся ранее, но не поливаемых земель.

Общая площадь Нижнезеравшанского оазиса исчисляется, по данным СоюзНИХИ, в 349 668 га, в том числе:

Светлые сероземы	26 999 га	Болотные почвы	4 692 га
Луговые почвы	273 948 „	Солончаки	29 531 „
Лугово-болотные почвы	3 945 „	Неудобные и прочие земли	10 853 „

Таким образом, в Бухарском и Каракульском оазисах преобладают луговые почвы, среди которых, в свою очередь, наибольшая доля — 253 000 га — приходится на орошаемые. Обращает на себя внимание большая площадь солончаков. Как среди сероземов, так и среди луговых почв особенно преобладают почвы давнего орошения.

Большая часть почвообразующих и подстилающих грунтов в низовьях Зеравшана представлена глинистыми и суглинистыми породами (около 75%). Однако на долю почв, дренированных подстилающими галечниковыми и песчаными породами, приходится до 25% поверхности. Наиболее часто грунты, дренированные подстилающими грубоскелетными породами, располагаются в непосредственной близости к Зеравшану (Вабкентский и Старо-Бухарский районы), а также в Кермининском

районе, имеющем пролювиальные каменистые отложения. Соответственно эти пространства характеризуются местным оттоком грунтовых вод.

Лугово-болотные, болотные и солончаковые почвы низовьев Зеравшана представлены, главным образом, тяжелосуглинистым и глинистым механическим составом. Среди остальных почв встречаются тяжело- и среднесуглинистые и даже супесчаные и песчаные разности. О степени засоленич почв Бухарского и Каракульского оазисов в сравнении с другими массивами бывшей Бухарской области можно судить по данным табл. 12.

Таблица 12

Характеристика земельного фонда б. Бухарской области по засолению
(данные СоюзНИХИ)

Степень засоления	Зеравшан		Кашка-Дарья		Ширабад и Сурхан		Итого по области в га	Итого в %
	орош	неорош	орош	неорош.	орош	неорош		
Незасоленные	98 334	2 497	188 150	31 325	100 672	35 885	456 863	42.48
Незасоленные и слабозасоленные	54 109	285	60 850	—	6 290	—	121 484	11.30
Слабозасоленные . . .	53 244	—	141 150	—	—	—	194 394	18.07
Слабо- и среднезасоленные	44 142	—	—	—	1 847	11 764	57 753	5.37
Среднезасоленные . . .	6 169	—	—	—	37 712	8 340	52 221	4.86
Средне- и сильнозасоленные	16 308	14 077	—	—	21 668	28 932	80 985	7.53
Сильнозасоленные . . .	5 134	15 035	4 700	—	—	36 660	61 529	5.72
Солончаки	—	29 531	—	—	—	20 695	50 226	4.67
Итого	277 440	63 425	394 850	31 325	168 189	142 276	1 075 455	100%

Характерно, что среди орошаемых почв Бухары — Каракуля лишь около 100 000 га приходится на незасоленные почвы. Остальные же 170 000 га из орошаемого фонда представлены почвами в той или иной степени засоленными.

Сопоставляя долю распределения почв различной степени засоленности среди орошаемых и неорошаемых массивов Бухарско-Каракульского оазиса, можно видеть, что среди орошаемых преобладают слабо- и среднезасоленные почвы (около 150 000 га), среди неорошаемых — сильнозасоленные почвы и солончаки (около 60 000 га). О распределении процессов засоления среди почв различного типа можно судить по данным СоюзНИХИ (табл. 13, стр. 82)

Как и следовало ожидать, процессы засоления в наибольшей степени представлены среди луговых почв; в группе сероземов процессы засоления почв развиты несравненно слабее.

Неорошаемые почвы низовьев Зеравшана представлены в основном средне- и сильнозасоленными луговыми почвами (более 20 000 га), сред-

Таблица 13

Засоление почв различных типов в низовьях Зеравшана
(площади в га)

Степень засоления	Почвенные типы			
	Сероземы	Луговые	Лугово-болотные	Болотные
Незасоленные				
Орошаемые	11 595	86 739	—	—
Неорошаемые	44 97	—	—	—
Незасоленные и слабозасоленные				
Орошаемые	9 123	44 986	—	—
Неорошаемые	—	235	—	—
Слабозасоленные				
Орошаемые	1 580	51 664	—	—
Неорошаемые	—	—	—	—
Слабо- и среднезасоленные				
Орошаемые	461	43 631	—	—
Неорошаемые	—	—	—	—
Среднезасоленные				
Орошаемые	—	6 169	—	—
Неорошаемые	—	—	—	—
Средне- и сильнозасоленные				
Орошаемые	1 443	14 865	—	—
Неорошаемые	—	10 132	3 945	—
Сильнозасоленные				
Орошаемые	—	5 134	—	—
Неорошаемые	—	10 343	—	4 692
Итого	28 699	273 943	3 945	4 692

Примечание. В эту таблицу не вошли солончаки, представляющие самостоятельную группу почв.

не- и сильнозасоленными лугово-болотными почвами (около 4 000 га) и сильнозасоленными болотными почвами (около 4 700 га). Незасоленные неорошаемые почвы площадью около 4 500 га, по данным СоюзНИХИ, имеются среди сероземов.

Таким образом, расширение орошаемых площадей в низовьях Зеравшана пойдет за счет засоленных почв. Это потребует обязательных мероприятий по рассолению их и снижению уровня грунтовых вод, без чего невозможно их устойчивое освоение. Наибольшее количество солончаковых земель сосредоточено в Каракульском оазисе (9 125 га).

Таблица 14

Характеристика земельного фонда поливной зоны Бухарской области в разрезе основных типов почв (площади в га)

(данные СоюзНИХИ)

Районы	Зона серозе-мов светлых		Луговые почвы		Лугово-болотные почвы	Болотные почвы	Солончаки	Прочие земли	Итого
	орош.	неорош.	орош.	неорош.					
Керминиинский	20 307	696	14 606	687	3 260	2 138	1 072	159	42 925
Кенимехский	—	—	15 000	—	120	—	780	—	15 900
Кзыл-Тепинский	—	578	17 729	1 443	—	397	—	141	20 288
Гиджуванский	—	—	27 067	392	565	245	—	470	28 739
Шафриканский	—	—	17 470	381	—	830	862	1 184	20 727
Вабкентский	—	—	32 042	—	—	—	3 548	1 141	36 731
Ново-Бухарский	—	10	12 490	4 040	—	—	5 765	549	22 854
Старо-Бухарский . . .	—	—	45 966	6 291	—	787	2 214	1 463	56 721
Рометанский	3 895	—	23 639	2 145	—	290	4 125	1 695	35 789
Свердловский	—	1 150	17 860	2 765	—	5	2 040	330	24 150
Каракульский	—	68	30 469	2 616	—	—	9 125	3 725	46 003
Итого	24 202	2 502	254 338	20 760	3 945	4 692	29 531	10 857	350 827

Много солончаков также в Рометанском, Ново-Бухарском, Вабкентском районах, т. е. в периферических частях Бухарской дельты Зеравшана (табл. 14 и 15).

8. Мероприятия по борьбе с засолением в Бухарском и Каракульском оазисах

Главнейшими причинами, поддерживающими и способствующими засолению почв в Бухарском и Каракульском оазисах, являются:

а) Ежегодные паводки, приносящие огромные массы воды и солей в оазисы и вызывающие переполнение всей ирригационной сети и затопление понижений рельефа с поднятием уровня грунтовых вод.

б) Естественное засоление грунтовых вод и почв периферических частей низовьев Зеравшана, как разновидности огромной континентальной бессточной дельты.

Устранение обеих причин позволит создать предпосылки для полной ликвидации условий, способствующих засолению почв при орошении, и добиться устойчивого рассоления и освоения ныне засоленных земель.

Строительство Катта-Курганского водохранилища, прерванное началом Отечественной войны, должно будет после своего завершения устранить паводки и тем самым — причины, вызывающие питание и поддержание грунтовых вод на высоком уровне. До этого периода необходимо обеспечить в низовьях Зеравшана беспрепятственное прохождение паводковых вод за пределы оазисов в пески с помощью специаль-

Распределение почв различного засоления по районам нижнего течения Зеравшана (площади в га) (данные СоюзНИХИ)

Таблица 15

Степень засоления	Районы											
	Керминин-ский	Кенимех-ский	Кзыл-Тепинский	Гиждуван-ский	Шафриканский	Вабкентский	Ново-Бухарский	Старо Бухарский	Рометанский	Свердловский	Каракульский	Общий итог
Незасоленные												
Орошаемые	12 342	—	14 302	22 859	8 460	3 660	3 895	9 010	12 370	5 225	6 211	98 334
Неорошаемые	696	—	578	—	—	—	10	—	—	1 150	63	2 497
Незасоленные и слабозасоленные												
Орошаемые	11 887	—	2 208	3 494	7 593	10 091	—	1 285	1 550	2 580	13 421	54 109
Неорошаемые	50	—	—	—	—	—	10	—	—	—	175	235
Слабозасоленные												
Орошаемые	1 580	—	—	—	—	12 559	3 275	26 945	—	8 245	640	53 244
Неорошаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Слабо- и среднезасоленные												
Орошаемые	2 154	10 120	603	256	617	2 642	4 615	8 726	10 231	1 520	3 255	44 739
Неорошаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Среднезасоленн												
Орошаемые	—	—	78	329	—	—	—	—	20	—	5 742	6 169
Неорошаемые	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Средне- и сильнозасоленные												
Орошаемые	4 485	4 880	—	12	800	2 381	1 305	—	1 490	290	665	16308
Неорошаемые	3 260	120	391	565	—	—	2 390	—	2 145	2 765	2 441	14 077
Сильнозасоленн.												
Орошаемые	2 465	—	598	117	—	709	—	—	770	—	535	5 184
Неорошаемые	2 775	—	1 449	837	1 161	—	1 640	7 078	290	5	—	15 235
Солончаки	1 072	780	—	—	862	8 548	5 765	2 214	4 125	2 040	9 125	34 531
Итого	42 766	15 900	20 197	28 469	19 493	40 590	22 905	55 258	32 991	23 820	42 273	344 662

ных катастрофических сбросов. В ближайший период для этой цели предполагается увеличить суммарную пропускную способность сбросов Маханкуль, Гурдаж, Танкыр до 100 м³/сек. Сооружение этих катастрофических сбросов позволит прекратить практикующийся во время паводков до настоящего времени пропуск воды от магистральных каналов через сеть их распределителей и отводов на освоенные земли и неосвоенные низины.

Неошлюзованность каналов и, в частности, отсутствие головного сооружения на главнейших каналах мешает осуществлению планового водопользования, которое возможно лишь на основе точного регулирования водоподачи. Поэтому одной из задач ближайшего времени является ошлюзование главнейших каналов, постройка на них головных сооружений и введение общеоазисных планов водопользования с жестким их выполнением в отношении отпуска и распределения воды.

Для Бухарского и Каракульского оазисов необходимо установить среднегодовую норму водозабора брутто не выше 11 000—12 000 м³/га, включая зимние поливы и промывки.

Оросительные нормы и число поливов следует ограничить и устанавливать в соответствии с близостью и минерализацией грунтовых вод и степенью засоленности почв. Такие опресненные районы, имеющие незасоленные почвы и близкие к поверхности пресные грунтовые воды, как верхняя часть Бухарского конуса, центральная (прилегающая к Зеравшану, Шахруду, Вабкенту) часть Бухарского оазиса и, наконец, центральная часть Каракульского оазиса, могут получать на 1—2 полива меньше, чем остальные освоенные территории оазисов, где использование грунтовых вод для растений исключается (по глубине ее залегания или по степени минерализации).

Резко выраженная степень сезонного засоления почв в Бухарском и Каракульском оазисах делает неизбежным при современных условиях применение ежегодных промывок и профилактических поливов. Это обусловливалось еще и тем, что низовья Зеравшана в течение вегетационного периода страдали от недостатка воды. При близости грунтовых вод это также способствовало сильному сезонному засолению почв

Поэтому впредь до коренного улучшения мелиоративного состояния оазисов и устойчивого рассоления почв на освоенных среднезасоленных почвах необходимо практиковать профилактические поливы, а при высоких степенях засоления почв — промывки с целью рассолсния почв и подготовки их к вегетационному периоду.

Однако районы и объем применения промывок и профилактических поливов должны уточняться особенно тщательно, чтобы не допустить превращения этих мероприятий в причину подъема и высокого стояния уровня грунтовых вод.

В этих же целях необходимо широкое введение в Бухарском и Каракульском оазисах полива пропашных культур (прежде всего хлопчатника) по глубоким бороздам без сброса избыточных вод в депрессии рельефа.

Высокий уровень грунтовых вод в Бухарском и Каракульском оазисах, заболоченность понижений рельефа, а также необходимость ежегодного применения профилактических поливов и промывок на значительных территориях засоленных почв требуют бесперебойно работающей сети дренажно-коллекторных сооружений. Между тем, существующая в низовьях Зеравшана дренажно-коллекторная сеть не имеет выхода, упирается в подтопляющие их озера и болота и не обладает достаточной глубиной (коллектора Чакмак 0.9—1.35 м, Богоутдин — 0.4), не расчищена от зарослей, различного рода пробок и перемычек. Поэтому в современных условиях коллекторная сеть не обеспечивает необходимого отвода грунтовых вод, а в некоторых случаях даже ухудшает мелиоративное состояние территории (Каганский район).

Ближайшей и вполне осуществимой задачей для Бухарского и Каракульского оазисов являются расчистка и углубление существующей и устройство на солончаковых массивах новой дренажно-коллекторной сети, с доведением средних глубин дрен до 2.5—3 м и коллекторов — до 3—3.5 м. Магистральные коллекторы должны быть выведены за пределы оазисов.

Необходима также постройка мелкой осушительной дренажной сети для сброса и осушки внутриоазисных болот и озер. В частности, для Каракульского оазиса необходимо дренирование и осушение Казанской болотно-солончаковой впадины, ухудшающей мелиоративное состояние освоенной части района.

В дальнейшем для коренного улучшения водно-солевого режима и баланса Бухарского и Каракульского оазисов и сплошного освоения земель необходимо расширить сеть глубоких межколхозных и общеоазисных коллекторов, предусмотрев, в особенности, интенсивное дренирование периферических солончаковых зон, откуда засоление распространяется на культурные земли.

Прокосы, расчистку, оправку дренажно-коллекторной сети в низовьях Зеравшана необходимо проводить ежегодно, с тем чтобы к началу вегетационного периода она, так же как и сеть ирригационных каналов, бесперебойно выполняла свое назначение.

В Бухарском оазисе до последнего времени держится монокультура хлопчатника. Хлопково-люцерновый севооборот практически здесь отсутствует. Поэтому важнейшим мероприятием профилактического характера для низовьев Зеравшана является введение правильных хлопково-люцерновых севооборотов. Люцерна поможет снижению уровня грунтовых вод, ослаблению сезонного засоления и повысит плодородие почвы.

Столь же необходимо планомерное проведение работ по обсадке ирригационной сети и дренажно-коллекторных сооружений, а также окраин оазисов древесными защитными насаждениями. Лесонасаждения смягчат сухость воздуха и отрицательное влияние ветров и вместе с тем плодотворно отзовутся на уровне грунтовых вод.

Глава III

АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ РАВНИНЫ

1. Особенности соленакопления в аллювиальных равнинах

Новейшие данные геоморфологии и четвертичной геологии установили, что многие равнины и низменности Европы, Азии и Америки являются великими аллювиальными равнинами, в образовании наносов, рельефа и почв которых в ближайшем или далеком прошлом играли роль процессы, свойственные типичным поемным условиям.

На поверхности древних великих аллювиальных равнин, ныне находящихся в условиях степного или пустынного режима, мы можем найти реликты тех форм рельефа и почвенного покрова, которые свойственны речным поймам.

Обширные пространства среднеазиатских межгорных долин типа Ферганской, Зеравшанской, Голодностепской, равнин Нижнего и Среднего Поволжья, Сыр-Дарьи и Аму-Дарьи, наконец, степные районы многих областей юга СССР вдоль Дона и Днепра являются теми или иными формациями аллювиальных равнин, находящихся в различных фазах их эволюции.

Многие ирригационные оазисы Советского Союза расположены полностью или своими отдельными частями на пространствах аллювиальных равнин, занимают их верхние, уже остепненные террасы (Приташкентский оазис, Голодная Степь), либо террасы юные, живущие еще лугово-солончаковым и поемным режимом (Чарджоуский оазис, Волго-Ахтубинская пойма)

Процессы соленакопления в грунтах, грунтовых водах и почвах на различных стадиях возникновения и эволюции великих аллювиальных равнин и их частей протекают, естественно, совершенно различно.

В основу понимания процессов соленакопления в почвах аллювиальных равнин необходимо положить учение Вильямса о пойме и эволюции почв.

Так, например, в почвах пойменных и луговых террас верховьев, отличающихся вследствие больших уклонов и преобладания проницаемых пород хорошей естественной дренированностью, соленакопление почти не проявляется вовсе, ограничиваясь лишь выделением из растворов в грунт углекислого кальция.

В среднем течении рек, где пойменные и луговые террасы сложены породами малопроницаемыми (суглинки, глины), где уклоны поверхности значительно меньше, циркуляция грунтовых вод замедлена и они зачастую подпитываются рекой,— процессы соленакопления проявляются в резких формах, напоминающих соленакопление в дельтах.

Проявление и развитие процессов соленакопления тесно связано с общим строением долины реки. Во многих долинах они активируются затрудненностью общего стока вследствие образования различных препятствий вроде останцов, подпирающих порогов, перемычек и т д

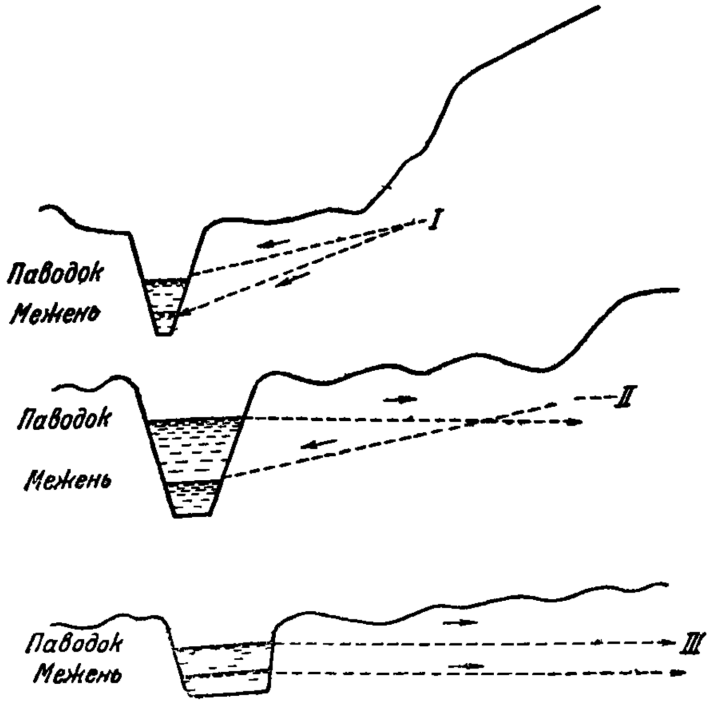


Рис. 14. Схема взаимоотношений уровня грунтовых вод террас и рек в верхнем (*I*), средием (*II*) и нижнем (*III*) течеиии.

Процессы соленакопления на аллювиальных равнинах по своей выраженности часто не достигают того, что характерно для дельт. Это проявляется как в отношении степени засоленности грунтовых вод, почв и состава солей (при прочих равных условиях на аллювиальных равнинах будет всегда меньшая хлоридность, чем на дельтовых), так и в отношении площадей почв, подверженных засолению, которые в аллювиальных равнинах всегда более ограничены, чем в дельтах.

Сопоставляя процессы соленакопления в дельтах и аллювиальных равнинах, можно найти как черты сходства, так и черты глубоких различий.

Наиболее резкие различия между аллювиальными равнинами и дельтами заключаются в характере их гидрологического режима и связи между речными и грунтовыми водами (рис. 14).

Для дельт характерно круглогодовое и повсеместное питание грунтовых вод речными водами через сложную сеть протоков и речных

рукавов. Поэтому в классических случаях (дельта Волги, дельта Аму-Дарьи, дельта Куры и Аракса, дельта Нила) грунтовый поток направлен от основных магистральных водных артерий дельты в стороны и к периферии ее.

Аллювиальные равнины даже на стадиях, синхроничных дельтам, т. е. на поемной и луговой стадии, а для более высоких террас в особенности, отличаются обратным соотношением и режимом. Русло рек в верхнем их течении является естественной дреной — коллектором, собирающим в себя грунтовые воды прилегающей аллювиальной равнины. Однако уже в среднем течении для поймы и I надпойменной террасы река является в период паводков источником питания и фактором подпора грунтовых вод. Но и здесь часть времени года (в межень) грунтовый поток в аллювиальной равнине направлен в сторону к реке, которая его дренирует.

Подобное соотношение между грунтовым потоком нижних террас и рекой постепенно меняется вниз по течению последней, и с некоторых моментов нижнее течение реки начинает характеризоваться преобладанием питающего в отношении грунтовых вод значения. Это хорошо видно на примере Сыр-Дарьи и ее I надпойменной террасы.

Как установили новейшие исследования Геологического института Узбекской Академии Наук (М. М. Крылов), до Чардаринских порогов река Сыр-Дарья в отношении ее I надпойменной террасы является на всем протяжении мощной дреной и зеркало грунтовых вод имеет явно выраженное падение к ней. Ниже Чардаринских порогов соотношение обратное, и грунтовые воды этой террасы имеют уже явно выраженный уклон от реки.

Различие в гидрологическом режиме аллювиальной равнины и дельты одной и той же реки особенно хорошо можно показать на примере Зеравшана.

Так, по материалам В. Л. Шульца, установлено, что сухие Бухарская и Каракульская дельты реки Зеравшан в ничтожной степени дренируются руслом реки и среднегодовой расход выклинивающихся в реку грунтовых вод на территории ниже Хазаринской станции равен лишь 0.2—0.003 м^3/сек. Среднегодовой расход возвратных вод (являющихся, главным образом, грунтовыми водами, выклинивающимися в дрены, в глубокие ирригационные каналы) на пространстве между Хазаринской и Каракульской станцией равен 0.4 м^3/сек. В то же время в пределах Зеравшанской котловины, на пространстве между Самаркандом и Ходжа, среднегодовой расход выклинивающихся в русло реки грунтовых вод равен 8.4 м^3/сек, а среднегодовой расход возвратных вод на пространстве между Дупулинской, Самаркандской и Хазаринской станцией равен 53.5 м^3/сек.

Этот пример наглядно показывает огромное дренирующее значение реки Зеравшан в ее среднем течении (по Хазаринской станции) и ничтожное дренирующее значение ее на пространстве Бухарской и Каракульской дельт.

Подобная разница в соотношении между грунтовыми водами и рекой существует в дельтах и аллювиальных равнинах и других рек (Волга, Аму-Дарья, Кура).

Таким образом, водный баланс верхних террас древнеаллювиальных (и древнеделювиальных) равнин регулируется в основном подземным оттоком грунтовых вод. Водный баланс нижних террас в верхнем течении регулируется оттоком в реку и транспирацией грунтовых вод. Водный баланс нижних террас в среднем и, особенно, нижнем течении уже в значительной степени управляется испарением.

Дренирующее, хотя и не для всех элементов аллювиальной равнины и не на весь период гидрологического года, влияние реки создает иной характер общего солевого режима аллювиальных равнин и ослабляет процессы соленакопления, его количественное и пространственное проявление в них в сравнении с дельтами.

Природные условия ирригационных оазисов на аллювиальных равнинах поэтому более благоприятны, чем в дельтах.

Как показывает сравнительное изучение процессов засоления и рассоления почв и грунтов аллювиальных равнин ряда рек — Волга, Аму-Дарья, Сыр-Дарья и др., естественное соленакопление в аллювиальных равнинах проявляется на поемных и частично на надпойменных террасах в среднем и нижнем течении рек в случаях их расположения в континентальном жарком, сухом климате.

В среднем и нижнем течении рек пустынных и степных областей засоление новейшего аллювия, отлагаемого реками, проявляется не сразу, а после более или менее длительного периода наземного существования наносов. Под влиянием испаряющихся растворов грунтовых вод, смачивающих толщу нового аллювия, последний обогащается легкорастворимыми и малорастворимыми солями. В осенне-зимний и весенний, влажный период наиболее легко растворимые соли возвращаются вновь в грунтовые воды.

Повторяясь из года в год, этот процесс ведет к обогащению аллювия солями; аллювий к этому времени оказывается задерненным луговой растительностью и находится в стадии луговых, либо лугово-солончаковых почв.

В условиях рек с маломинерализованными водами, каковыми являются Волга или Сыр-Дарья, процесс соленакопления протекает медленно; и почвенный покров некоторое время существует на стадии луговых, тугайных, слабозасоленных в незасоленных почв.

Поймы рек, имеющих воды более высокой минерализации (как, например, Аму-Дарья), характеризуются более быстрым развитием процессов соленакопления, и аллювиальные отложения уже на третьем-четвертом году своего существования носят отчетливые признаки засоленности. Чем суше и жарче климат, тем процессы соленакопления в пойменных приречных равнинах развиваются интенсивнее и наступают раньше.

Паводки, сопровождаясь повсеместным затоплением поймы, способствуют смыванию и промыванию легкорастворимых солей, накопляющихся в грунтах и почвах, и поддерживают господство в них лугового почвообразования. Постепенный рост суши поймы, ослабляя промывающее значение паводков и увеличивая продолжительность ежегодного обсыхания, ведет со временем от сезонного засоления почв ко все большему общему соленакоплению в поймах.

В наиболее резко выраженной степени процесс соленакопления в поймах протекает в различного рода депрессиях и впадинах, где грунтовые воды лежат относительно ближе к поверхности и которые сложены породами более тяжелого механического состава, затрудняющего циркуляцию грунтовых вод и их обмен с опресняющими речными водами.

В. Р. Вильямсом показано, что процессы соленакопления проявляются прежде всего в так называемой притеррасной пойме, т. е. в понижении, сопровождающем зону контакта поймы и I надпойменной террасы. Здесь выклиниваются грунтовые воды высоких террас; встречаясь с грунтовым потоком, направленным от реки, они приближаются в наибольшей степени к дневной поверхности. Интенсивное испарение грунтовых вод влечет за собой наибольшую выраженность процессов соленакопления в этих частях террас.

Соответственно в поймах рек наиболее резко выраженные солончаки и наиболее высокоминерализованные грунтовые воды обнаруживаются именно в притеррасовых пойменных понижениях и древнерусловых депрессиях (старицах).

На II надпойменных террасах рек влияние паводков уже исключается, но близость грунтовых вод, питаемых рекой или грунтовым потоком, подходящим с более высоких террас, еще может обусловливать существование процессов засоления. Так, хотя II террасы большинства рек области степей и пустынь СССР характеризуются уже развитием рассоления и образованием солонцовых или такырных почв, различного рода русловые депрессии, бывшие старицы рек, остатки былых притеррасных понижений, имея более близкие к поверхности интенсивно испаряющиеся грунтовые воды, все еще и поныне характеризуются продолжением процессов засоления.

Как показывает пример I и II надпойменных террас рек Волги, Дона и, в особенности, Сыр-Дарьи и Аму-Дарьи, здесь мы часто находим сильно выраженные солончаковые почвы и солончаки с высокоминерализованными грунтовыми водами.

Более древние и более высокие (IV и III) террасы рек уже целиком находятся под господством процессов естественного рассоления. На террасах рек центральной части Советского Союза развиты зональные каштановые и черноземные почвы и рассеянные среди них пятна остепненных солонцов. На II и III террасах рек пустынно-степных и пустынных областей Советского Союза мы встречаемся уже с развитием такыровидных сероземов и остаточно засоленных сероземов, т. е.

носящих признаки былого засоления в форме остаточных скоплений солей в подпочвенных горизонтах.

Такова, например, Голодная Степь, являющаяся III террасой реки Сыр-Дарьи, высокая терраса долины реки Вахш, высокие террасы Ферганской долины и т. д. Остаточная засоленность почв и здесь наиболее сильно выражена в почвах понижений мезорельефа.

Засоление почв, возникающее при орошении, в наиболее резкой форме проявляется на нижних террасах, где оно суммируется с естественными процессами соленакопления, свойственными периоду старения пойм.

На верхних террасах рек в случаях их низкой естественной дренированности, вызванной недостаточной сточностью долины или тяжелым механическим составом почвообразующих пород и низкой их водопроницаемостью, а также большими запасами в глубоких подпочвенных горизонтах легкорастворимых солей, накопленных в более ранние периоды, засоление почв при орошении может проявляться довольно резко в форме собственно вторичного засоления. Оно обязано будет в этих случаях подъему грунтовых вод до глубины менее 3 м и перемещению ими легкорастворимых солей, находящихся в профиле почвы и грунте, к поверхности. При правильной организации орошения, мерах профилактики и предупреждения — развитие вторичного засоления на аллювиальных равнинах, являющихся II и III террасами рек, совершенно не обязательно, либо даже невозможно, поскольку обычно естественная дренированность их, вследствие высокого положения, рассеченности рельефа гидрографической сетью, ослабляет или исключает возможность значительного приближения грунтовых вод к дневной поверхности.

Естественная рассоленность почв этих же наиболее древних частей великих аллювиальных равнин обусловливает также малые запасы легкорастворимых солей в их толще.

Поэтому даже в тех случаях, когда грунтовые воды все-таки приближаются к дневной поверхности, количество легкорастворимых солей в них оказывается не настолько большим, чтобы создать опасность вторичного засоления. Наоборот, подъем уровня грунтовых вод при наличии благоприятных условий для их оттока ведет на орошаемых территориях к развитию процессов рассоления.

Наиболее типичными примерами подобных оазисов, расположенных на самых древних частях аллювиальных (III и IV террасе рек) и подгорных равнин, являются Приташкентский оазис, верхняя лёссовая терраса Ферганской долины, Ак-Газинская терраса долины реки Вахш, верхняя терраса долины реки Зеравшан.

Обращаясь к географии процессов естественного и вторичного засоления почв великих аллювиальных равнин, можно видеть ряд очень интересных закономерностей, обусловленных тенденциями в эволюции речной долины в целом.

Известно, что, в соответствии с законом Бэра, все реки нашего полу-

шария отклоняются вправо, обусловливая постепенное подмывание правого берега. Это влечет за собой развитие резко выраженной асимметрии в строении аллювиальной равнины. Асимметрия аллювиальной равнины выражается в том, что левобережная часть ее получает широкое распространение и представлена полным комплексом всех террас. Правобережная часть аллювиальной равнины, вследствие наступающего эродирующего влияния реки, выражена значительно слабее и представлена неполным комплексом террас, иногда лишь зачатками и остатками наиболее молодых террас и преимущественно более дренированными и древними III и IV террасами.

Поэтому правобережье аллювиальных равнин обычно является несравненно более дренированным, чем левобережье. Меньшая дренированность левобережных частей аллювиальных равнин объясняется еще и тем, что река в процессе формирования своего левобережного ком-

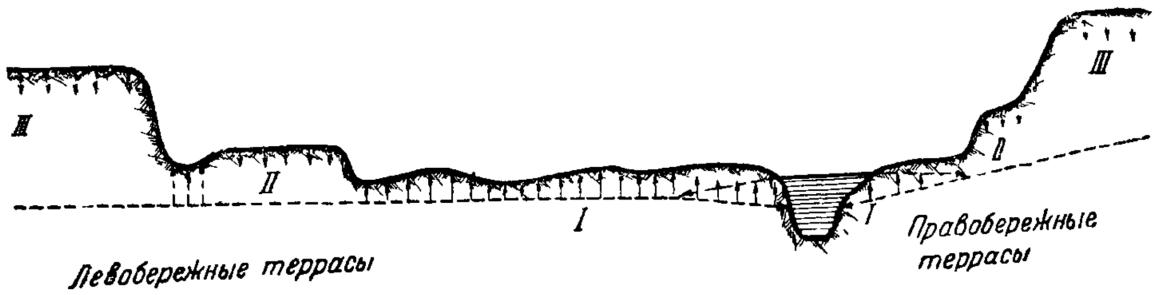


Рис. 15. Схема особенностей и различий водного режима левобережного и правобережного комплекса террас аллювиальных равнин.

плекса террас, бесконечно меандрируя, формируя острова и депрессии, создает обычно очень сложный мезорельеф, характеризующийся преобладанием различного рода впадин, древнерусловых депрессий и т. д.

Еще на пойменной фазе существования аллювиальной равнины, а также и на фазе I надпойменной террасы все эти депрессии и древнерусловые впадины длительный период являлись центрами соленакопления.

Удаленность левобережного комплекса террас аллювиальной равнины от русла реки предопределяет значительно менее благоприятные общие условия дренированности левобережья, тем самым создает более благоприятные условия для процессов соленакопления (рис. 15).

Наконец, анализ рельефа аллювиальных равнин позволяет установить еще одну чрезвычайно интересную и исключительно важную закономерность их общего строения. Почти все без исключения левобережные части аллювиальных равнин большинства известных автору рек характеризуются развитием в той или иной форме выраженных перемычек, останцов, повышений, замыкающих вниз по течению аллювиальную равнину и реку и затрудняющих общий сток грунтового потока, направленного параллельно речной магистрали.

В долине реки Вахш такой перемычкой на пространстве III террасы является гора Кзылтумшук и останцы Уртабоз и Кичик-Уртабоз, насаженные на антиклинальное повышение. Эти возвышенности почти нацело изолируют подземный сток грунтовых вод III террасы реки Вахш, в сильной степени ухудшая условия естественного дренажа (рис. 16).

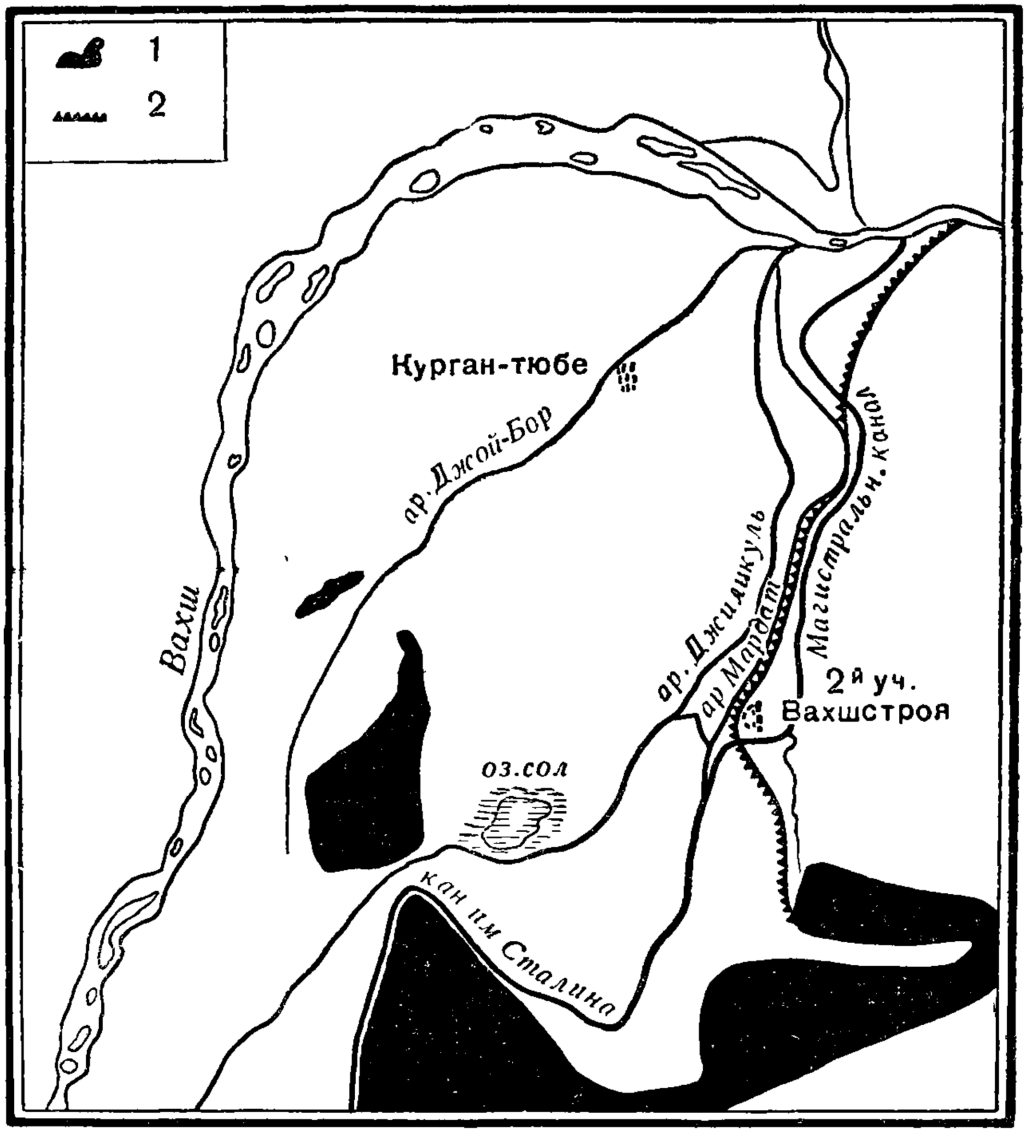


Рис. 16. Схема строения северной части долины реки Вахш:
1 — останцы и тектонические перемычки, затрудняющие отток грунтовых вод.
2 — край высокой террасы Ак-Газа.

В Ферганской долине левобережная Фергана запирается в западной своей части приближающимися к реке отрогами Туркестанского хребта, Испаринской и Дигманской возвышенностями, а также Фархадскими порогами.

Река Аракс в своей левобережной части на II и III террасах имеет также выступы горы Дагни, преграждающей путь грунтовому потоку, ухудшающей естественную дренированность и обусловливающей развитие значительного солончакового массива.

Левобережная часть Волги в низовьях в той или иной степени также подпирается целой серией небольших возвышенностей (гора Богдо,

Приэльтонское поднятие, гора Чипчачи и др.), которые несомненно затрудняют условия подземного стока.

Все эти особенности структуры коренных пород, являющихся ложем левобережных частей великих аллювиальных равнин, обусловливают дополнительно ухудшенность естественного дренажа и склонность левобережных территорий к процессам естественного и вторичного засоления.

В зависимости от общегеологических условий бассейна реки, тяготеющая к ней аллювиальная равнина может быть вложена в тектоническую депрессию типа синклинали, или же аллювиальная равнина может быть причленена к какому-либо плоскому древнему водоразделу или горному хребту.

В случае наличия по периферии великой аллювиальной равнины высоких горных сооружений, вдоль края последних, налегая на верхние аллювиальные террасы, формируются наклонные равнины, сложенные делювиально-пролювиальными отложениями, обычно хорошо дренированные благодаря грубости и проницаемости глубоких горизонтов, слагающих эти породы, и свободному оттоку грунтовых вод.

Ирригационные оазисы, расположенные на этих территориях, обычно ни в какой степени не обнаруживают признаков вторичного засоления.

При существовании более или менее постоянно действующих рек, стекающих со стороны горных сооружений, окаймляющих великую аллювиальную равнину, на поверхности последней могут формироваться субаэральные сухие дельты. В этих случаях возникает своеобразное сложное сочетание факторов, формирующих субаэральную дельту и аллювиальную равнину. При этом субаэральные дельты, в зависимости от различной водоносности формирующей их реки, могут располагаться на различных террасах аллювиальной равнины.

Субаэральные дельты и конусы выносов наиболее мощных рек могут спускаться вплоть до самых нижних террас, как это, например, имеет место в Ферганской долине, где современные конусы выносов и субаэральные дельты бывших ранее притоков реки Сыр-Дарьи (реки Исфара, Сох, Шахимардан и др.) отложены своими периферическими частями на поверхностях I и II террас реки Сыр-Дарья. Здесь периферическая солончаковая часть субаэральных дельт срослась и живет единым режимом с террасой реки, засоляя грунтовые воды, грунты и почвы.

С этой точки зрения все солончаковые районы Центральной и Западной Ферганы представляют собою область сросшихся с I и II террасами реки Сыр-Дарья периферических частей субаэральных дельт Исфары, Соха, Шахимардана, Кара-Дарьи и др.

При малой водоносности рек современные конусы выносов и субаэральные дельты их не могут дойти до нижних террас рек, а откладываются в ближайшем соседстве с периферией горного хребта. Естественно, что в этих случаях конусы выноса закладываются на наиболее высоких и древних террасах аллювиальной равнины. Такой пример мы

находим в Голодной Степи, в южной части которой современные субаэральные дельты рек Санзар и Заамин наложены на поверхность голодностепской лёссовой равнины, являющейся III и IV древними террасами реки Сыр-Дарья.

Периферическая мелкоземистая, суглинистая засоляющаяся часть подобных сухих дельт будет покрывать плащом наносов древнюю террасу, образуя на ней зоны засоления.

В этом случае, как это имеет место в Голодной Степи, на фоне древней, охваченной господством процессов рассоления лёссовой равнины, выделяются центры современного соленакопления, которые при орошении будут угрожать опасностью расширения.

В последующем тексте мы рассмотрим кратко некоторые наиболее типичные великие аллювиальные равнины, рисующие комплекс природных условий, способствующих устойчивому орошаемому земледелию в одних случаях и обусловливающих катастрофическое развитие вторичного засоления в других.

2. Долина реки Зеравшан (Самаркандский оазис)

Долина реки Зеравшан представляет собой один из наиболее ярких примеров хорошо сформированной аллювиальной равнины, в которой процессы современного естественного соленакопления выражены в крайне слабой степени, либо отсутствуют полностью вследствие благоприятных для оттока грунтовых вод гидрогеологических и геоморфологических условий.

Долина Зеравшана является обширной синклинальной котловиной между Туркестанским и Зеравшанским хребтами, заполненной комплексом аллювиальных отложений, перекрытых по бортам котловины делювием и пролювием с горных склонов.

Узкая в начале, долина Зеравшана ниже по течению реки, примерно западнее меридиана 67°30′, резко расширяется до 70 км

Общий уклон поверхности долины направлен от гор к руслу реки и вниз по ее течению. В среднем уклоны древних речных террас выражаются величинами в третьем знаке после запятой.

Комплекс рыхлых новейших отложений, достигающий 100 м мощности, лежит на неровной поверхности третичных глин или четвертичных конгломератов. К бортам аллювиальной равнины толща аллювиальных наносов уменьшается, они постепенно выклиниваются, и на дневной поверхности обнаруживаются выходы третичных отложений.

В пределах аллювиальной равнины Зеравшана различаются отчетливо три террасы, кроме поймы. Пойма имеет ширину 0 5—1 км и возвышается над меженью реки на 0.5 м. Современная пойма Зеравшана сложена галечниками с бо́льшим или меньшим количеством песков.

Над поймой возвышается поверхность I террасы, которая в виде узкой ленты (200—1000 м) сопровождает реку и ее рукава на всем течении. Сложена I терраса толщей галечников, переходящей кверху в

галечники, перемежающиеся с суглинками и с супесями и перекрытыми с поверхности мелкоземистыми глинистыми и суглинистыми наносами, иногда супесчаными наносами мощностью 0.5—3 м. На многих пространствах мелкоземистый покров отсутствует и на дневную поверхность выходят галечники. Грунтовые воды пресны и близки к поверхности.

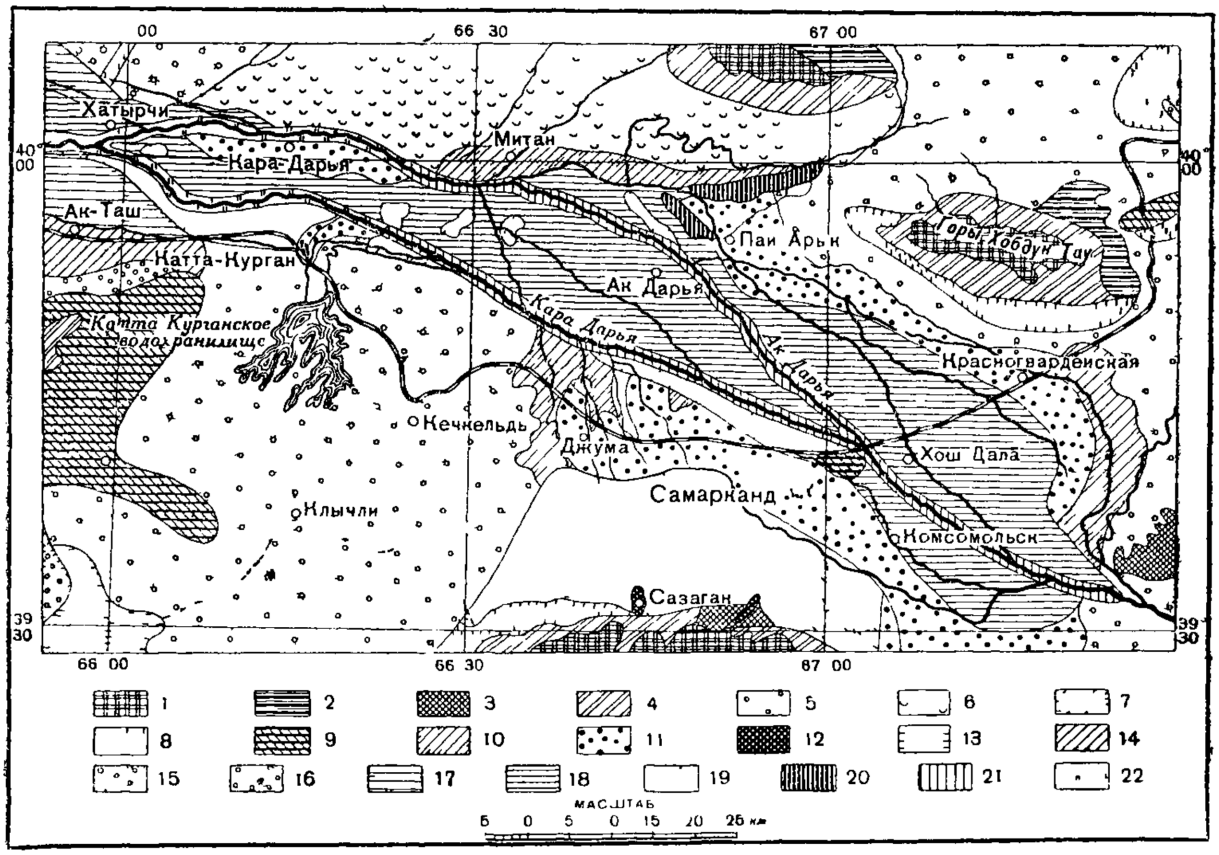


Рис. 17. Почвы Самаркандского орошаемого оазиса (Н. В. Кимберг). Условные обозначения:

1 — выщелоченные сероземы, эродированные, щебнисто-суглинистые, с выходами коренных пород. *2* — темные сероземы на лессах *3* — темные сероземы на лессах, эродированные *4* — темные сероземы, эродированные, глубокоскелетные, с выходами коренных пород *5* — типичные сероземы на лессах *6* — то же, эродированные *7* — типичные сероземы скелетно-суглинистые *8* — типичные сероземы скелетно-суглинистые, эродированные *9* — типичные сероземы, эродированные, глубокоскелетные, с выходами скал и каменистых россыпей *10* — поливные типичные сероземы на лессах *11* — то же, с мощным ирригационным наносом *12* — то же, подстилаемые галечниками *13* — светлые сероземы, глинистые, на лессах *14* — светлые сероземы, суглинистые, иногда скелетные. *15* — светлые сероземы, галечниково-суглинистые, на каменистом пролювии *16* — то же, на глубокоскелетном делювии и лювии коренных пород, много выходов коренных пород на поверхность *17* — поливные светлые сероземы, незасоленные и слабозасоленные, с мощным ирригационным наносом *18* — поливные светлые луговые почвы, с мощным ирригационным наносом, глинистые и тяжелосуглинистые *19* — поливные болотно-луговые, глинистые и тяжелосуглинистые почвы *20* — темные луговые, глинистые и тяжелосуглинистые почвы *21* — комплекс аллювиально-луговых, болотно-луговых и местами галечниковых на галечниках. *22* — аллювиальные луговые почвы в комплексе с солончаковыми, болотно-луговыми и солончаками

II терраса (нижняя) возвышается уступом в 5—7 м над поверхностью I и имеет ширину до 10—20 км Сложенная в глубоких горизонтах мощными толщами галечников, переходящими ближе к поверхности в перемежающиеся горизонты супесей, песков и глин, II терраса в пре-

делах верхних 3—5 м сформирована суглинистыми или глинистыми слоистыми отложениями. Она широко освоена под орошаемое земледелие.

III терраса (верхняя) отделена от II террасы уступом до 15—30 м; местами уступ сглажен. По ширине она значительно больше II террасы и представляет собой слабоволнистую, покатую, изрезанную оврагами равнину, переходящую постепенно в пролювиальные отложения предгорной равнины; сложена лёссовыми мощными отложениями делювиально-аллювиального генезиса. В основании III терраса сложена 70—100-метровой толщей галечников с прослойками и линзами гравия, песков, супесей, лёссовидных суглинков. Лёссовидные суглинки в подпочвенных горизонтах обнаруживают отчетливые следы аллювиального происхождения.

По механическому составу среди почвообразующих пород преобладают суглинистые и тяжелосуглинистые. Однако около 25—35% поверхности почвенного покрова дренировано близкими к поверхности галечниковыми и песчаными отложениями на глубине 0.5—2 м (табл. 16).

Таблица 16

Характер строения почвообразующих грунтов долины Зеравшана
(данные СоюзНИХИ)

	Глинистые и суглинистые отложения	Песчаные и галечниковые отложения с глубины		Итого	
		1—2 м	0.5—1 м		
	Центральная группа районов				В указанные площади не включены болота и болотные почвы площадью в 5 478 га и неудобные земли (пески, галечники, бугры и пр. общей площадью в 3 799 га
Площадь в га . .	209 351	44 381	28 032	281 764	
» в % . .	74.3	15.7	10.0	100	
	Западная группа районов				
Площадь в га . .	76 515	27 229	10 638	114 382	
» в % . .	66.9	23.8	9.3	100	

Грунтовые воды залегают на III террасе на глубине до 10 м и глубже, на II террасе на 1—3 м и на I террасе вблизи поверхности. Грунтовые воды пресные или слабоминерализованные поднимаются после начала периода орошения, достигая максимума в июле — августе, после чего к осени их уровень падает.

Таким образом, для отложений, слагающих Зеравшанскую долину, характерно очень высокое значение галечников, которые обеспечивают высокую фильтрационную способность наносов, благоприятствуют свободной циркуляции грунтовых вод и их оттоку в дренирующее русло реки. Размер гальки постепенно уменьшается вниз по течению, где относительно большее значение начинают приобретать пески и суглинки и где в связи с этим начинают несколько ухудшаться условия дренированности, соответственно отражаясь на проявлении некоторых признаков засоления.

На всем протяжении своем русло реки Зеравшан является сильной естественной дреной, собирающей в себе грунтовые воды, циркулирующие в пределах Зеравшанской аллювиальной равнины (В. Л. Шульц).

Происхождение грунтовых вод Зеравшанской равнины обязано нескольким факторам. В восточной части, там, где она переходит в конус выноса Зеравшана, воды последнего, пробиваясь через толщу своих галечниковых выносов, являются основным фактором питания грунтовых вод равнины. Отсюда грунтовые воды направлены мощным потоком параллельно руслу реки на запад.

Дополнительным источником питания грунтовых вод долины Зеравшана являются грунтовый поток, воды саев и речек со стороны Туркестанского и Зеравшанского хребтов.

Третьим весьма мощным источником питания грунтовых вод являются фильтрационные воды от ирригационных каналов и с поливных территорий, в частности, фильтрационные воды обширных пространств рисовых плантаций. Свободно циркулируя в толще галечников, грунтовые воды аллювиальной равнины на всем ее протяжении обнаруживают отчетливый уклон в сторону реки, дренируясь последней, выклиниваясь в различных депрессиях I и II террас в глубоких ирригационных каналах и заурах. Суммарный водный баланс долины регулируется в основном оттоком грунтовых вод в Зеравшан. Так, по подсчетам В. Л. Шульца, количество выклинивающихся вод в пределах долины Зеравшана выражается величиной среднегодового расхода до 40—50 $м^3$/сек, что составит примерно около $^1/_2$—$^2/_3$ забираемой на орошение каналами воды.

Несмотря на то, что грунтовые воды в пределах долины находятся в общем на небольшой глубине, меньше 3—5 м, углубляясь на 10—20 м лишь на периферии долины (верхняя терраса), они благодаря интенсивной циркуляции и преобладающему расходу их на подземный сток в реке Зеравшан характеризуются очень невысокой минерализацией, порядка 0 2—0.3—0.5 г/л. Несколько более высокая минерализация (3—5—10 г/л) обнаруживается отдельными очагами в грунтовых водах периферических частей аллювиальной равнины, примыкающих к толщам третичных соленосных глинистых отложений. Здесь же обнаруживаются отдельные небольшие массивы засоленных почв, связанные с боковым притоком солей со стороны конусов выноса.

Наиболее интересным и важным в водно-солевом режиме долины Зеравшана является опреснение грунтовых вод в ее староорошаемых частях под влиянием фильтрующихся ирригационных вод, разбавляющих и замещающих воды, приходящие с периферии долины.

Соответственно исключительно благоприятным условиям естественной дренированности и резко выраженному оттоку грунтовых вод в русло Зеравшана почти на всем громадном протяжении Зеравшанской аллювиальной равнины господствуют процессы общего рассоления. Только в отдельных частях равнины, где особенно резко создается так называемый сазовый режим и увеличивается расход грунтовых вод на

испарение, происходит некоторое повышение концентрации легкорастворимых солей в грунтовой воде и образуются почвы слабого и среднего засоления. Чаще представлено накопление в почвах $CaCO_3$, с образованием очень плотных горизонтов (так называемый «шох»), которые сильно снижают плодородие почв. Районами распространения шоха в основном являются нижние террасы на протяжении от Пенджикента до Хатырчей. В западных частях оазиса встречаются также слабо- и среднезасоленные почвы. Большая же часть легкорастворимых солей, находящихся в грунтовых водах, не достигая точки насыщения ими раствора, транзитом через долину уходит в реку, как естественную дрену, и затем в низовья Зеравшана, повышая минерализацию последнего. Так, у Самаркандского моста концентрация Cl в воде Зеравшана равна 0.002 г/л, а плотный остаток 0.16 г/л. В районе Бухары минерализация воды возрастает до 0 016 г/л Cl и до 0.27 г/л плотного остатка.

Долина Зеравшана является одним из древнейших ирригационных оазисов Средней Азии Многовековая история орошения Зеравшана обусловила образование довольно мощных (1—3 м) толщ культурно-ирригационных наносов. Ежегодно Зеравшан отлагает до 11 652 000 м³ наносов на полях дельты (Чаплыгин). Вызвав повсеместное повышение уровня грунтовых вод, ирригация способствовала развитию своеобразного почвообразовательного процесса, совмещающего черты, свойственные луговому процессу и процессу культурно-ирригационному.

По картографическим материалам Почвенного Института Узбекской Академии Наук (Н. В. Кимберг) можно видеть, что в пределах I и II террасы в долине Зеравшана господствуют различные варианты луговых и болотно-луговых почв. В частности, область I террасы, примерно до меридиана г. Катта-Курган, представлена комплексом аллювиальных луговых, болотно-луговых, глинистых и суглинистых почв, подстилаемых галечниками. Западнее Катта-Кургана начинают проявляться признаки слабого сульфатного засоления, и поверхность I террасы представлена аллювиальными луговыми солончаковатыми и болотно-луговыми солончаковатыми почвами с пятнами солончаков. Обширная поверхность II террасы занята поливными светлыми луговыми почвами с мощным агро-ирригационным наносом глинистого и тяжелосуглинистого механического состава.

Отдельные депрессии на поверхности II террасы, характеризующиеся более близкими грунтовыми водами и сазовым режимом, имеют болотно-луговые, глинистые, тяжелосуглинистые почвы.

Поверхность III террасы, сложенной лёссовидными суглинками, представлена уже поливными серозёмами, имеющими мощный агро-ирригационный нанос глинистого и суглинистого механического состава, подстилаемыми хрящевато-суглинистыми слоистыми отложениями.

По подсчетам СоюзНИХИ, в оазисе преобладают почвы давнего орошения (63%) как среди луговых почв, так и среди сероземов (табл. 17).

Влияние длительного орошения на сероземах проявляется как в морфологических, так и химических признаках. Для сероземов давнего

Таблица 17

Характеристика земельного фонда по культурному состоянию основных групп почвы, в га

(данные СоюзНИХИ)

Название почв	Название групп районов	
	центральная группа районов	западная группа районов
Сероземы		
Давнего орошения	115 893	49 050
Нового орошения:		
темные	15 987	—
светлые	8 958	1 173
Неорошенные	15 743	1 842
Итого	156 581	52 065
Луговые		
Давнего орошения	72 451	37 964
Нового орошения	3 739	6 619
Неорошенные	9 552	9 813
Итого	85 742	54 396
Лугово-болотные		
Орошаемые	21 270	1 234
Неорошаемые	10 688	6 957
Итого	31 958	8 191
Болотные		
Орошаемые	6 576	907
Неорошаемые	1 979	3 499
Итого	8 555	4 406

орошения характерна однородная окраска профиля с постепенным убыванием содержания гумуса. В неорошенных и новоорошенных сероземах гумусовый горизонт развит и отграничен очень резко. Соединения углекислого Са распределяются в профиле староорошаемых сероземов весьма равномерно. В сероземах же неорошаемых соединения углекислого Са обнаруживают отчетливо иллювиальный горизонт на глубине 20—60 см (А. Г. Розенберг).

Процессы естественного засоления почв в долине Зеравшана выражены крайне слабо и преимущественно в западных частях оазиса на нижней террасе среди лугово-болотных почв (табл. 18).

Таблица 18

Характеристика земельного фонда Самаркандской области по степени засоления

(данные СоюзНИХИ)

	Незасоленные с пятнами слабозасоленных почв	Слабозасоленные с пятнами среднезасоленных почв	Среднезасоленные с пятнами сильнозасоленных почв	Итого по области	Примечание
	Центральная группа районов[1]				В указанные площади не включены болота площадью в 6 478 га и неудобные земли (пески, галечники, бугры и пр.) общей площадью 3 799 га
Площади в га	273 355	2 010	5 492	280 857	
„ в %	97.3	0.7	2.0	100	
	Западная группа районов[2]				
Площади в га	89 149	17 714	8 426	115 289	
„ в %	77.3	15.4	7.3	100	

Так, по данным СоюзНИХИ, по Самаркандской области на долю среднезасоленных и слабозасоленных почв приходится в Центральной группе районов не больше 2.7%, а в Западной группе районов 22.7% поверхности.

Среди площади сероземных почв лишь 2% приходится на слабозасоленные и среднезасоленные их разности. Среди же луговых почв, по данным СоюзНИХИ, разности, в той или иной степени засоленные, занимают до 12% площади. Это объясняется преобладанием на нижней террасе территорий с близкими грунтовыми водами. Свободные территории, ныне неосвоенные, заняты преимущественно лугово-болотными, несколько засоленными почвами. Их освоение потребует сложных мелиораций по осушке и отчасти рассолению (табл. 19).

Таблица 19

Распределение лугово-болотных почв по степени засоления, в га

(данные СоюзНИХИ)

Почвы	Центральная группа районов	Западная группа районов
Незасоленные орошаемые	20 660	640
Слабозасоленные неорошаемые	5 196	963
Средне- и слабозасоленные орошаемые . . .	610	594
Средне- и сильнозасоленные неорошаемые .	5 492	5 994

[1] Центральная группа районов Самаркандской области: Булунгурский, Самаркандский, Джамбайский, Пай-Арыкский, Ак-Дарьинский, Паст-Даргомский, Ургутский, Митанский районы.

[2] Западная группа районов: Кара-Дарьинский, Хатырчинский, Катта-Курганский, Нарпайский, Пахтакорский районы.

Кроме луговых и лугово-болотных почв, в поймах Зеравшана и его рукавов — Ак-Дарьи и Кара-Дарьи — часто встречаются болотные почвы (около 7500 га). Они используются главным образом под культуру риса; как правило, не засолены, но зачастую имеют плотный горизонт шоха.

Вторичное засоление орошаемых почв аллювиальной равнины Зеравшана не выражено. Слабые признаки современного естественного соленакопления, обнаруживающиеся в западной части оазиса на I террасе, не прослеживаются на II и III террасах. Ирригация благодаря исключительно благоприятной естественной дренированности местности влечет за собой опреснение грунтовых вод, грунтов и почв II и III террас.

3. Ангрен-Чирчик-Келесское междуречье

Известный в земледелии Советского Союза Приташкентский орошаемый оазис расположен на древней равнинной делювиально-аллювиальной области междуречья рек Ангрен, Чирчик, Келес, в окружении полукольца отрогов Тянь-Шаня (Чаткальские, Кураминские горы).

Долины этих трех рек, являющихся притоками Сыр-Дарьи, вложены в верхнем течении в узкие глубокие тектонические впадины.

Выходя за пределы гор в равнинные области, долины расширяются, образуя в нижнем и частью и среднем течении рек обширную древнеаллювиальную область, сложенную сросшимися древними террасами и конусами выноса Ангрена, Чирчика и Келеса.

Наиболее крупной рекой с выраженной развитой долиной является Чирчик. Долина реки Чирчик имеет в длину около 100 км и в ширину до 22 км. Долины рек Ангрен и Келес развиты значительно меньше.

Для долины каждой из этих рек характерно однотипное строение. Нижние прирусловые террасы в виде узких лент тянутся вниз по течению рек, оставаясь на всем протяжении сложенными гравелисто-галечниковыми отложениями. Лишь к устьям рек галечниковые отложения начинают уходить глубже под покров мелкоземистого аллювия. Это наиболее резко выражено в низовьях Чирчика. Уклоны этой пойменной террасы довольно большие, и для Чирчика в низовьях выражаются величиной 0.02. Над I пойменной террасой возвышается поверхность II террасы, луговой, широко развитой и в долине Чирчика и в левобережной части долины Ангрена. Луговая терраса обычно сложена в основании мощными (10—15 м) рыхлыми гравийно-галечниковыми отложениями, перекрытыми с поверхности мелкоземистыми скелетными отложениями мощностью 1—3 м. Вниз по течению рек, в особенности в долине Чирчика, покровные мелкоземистые наносы постепенно приобретают суглинистый характер, и мощность их над галечниками увеличивается.

Мезорельеф луговой террасы довольно сложен и представляет сочетание повышений, депрессий и древних русел, свойственных аллювиальным равнинам.

В долине Чирчика II терраса получила наибольшее развитие в низовьях, достигая ширины 15 км. Над поверхностью II террасы возвышается уступ III, лёссовой, террасы, как правило, прекрасно развитой, особенно в долине Чирчика, сложенной в основании мощными толщами галечниковых конгломератов, прикрытых с поверхности на глубину до 20—50 м лёссовыми толщами.

Наиболее отчетливое выражение III терраса Чирчика получает к юго-западу от Ташкента вдоль железной дороги Ташкент — Чиназ. Здесь ширина III террасы достигает 6—10 км. Синхроничная ей равнинная останцовая поверхность в низовьях Ангрена также сложена древними аллювиально-дельтовыми облёссованными отложениями Ангрена, лежащими на галечниковых выносах последнего.

Равнина III террасы обычно переходит уступом в IV и V террасы, сложенные в основании галечниковыми отложениями, которые покрыты мощным плащом делювиально-пролювиальных лёссов.

Таким образом, верхние террасы оазиса представлены сравнительно однородными лёссовыми суглинками, которые на некоторой глубине подстилаются галечниками. В частности, лёссы Пскентского, Ак-Курганского и Ахангаранского районов подстилаются галечниками на сравнительно небольшой глубине (1—3 м). Наиболее высокие и древние поверхности оазиса имеют часто сложный рассеченный рельеф, большие уклоны и выходы коренных пород.

Рассеченность и сильно выраженные уклоны местности от верхних террас к Сыр-Дарье, отложения галечников, слагающих основание древних и современных террас, обусловливают высокую естественную дренированность всей этой области, интенсивную циркуляцию грунтовых вод и ничтожное выражение процессов соленакопления.

Гидрографическая сеть области, кроме рек Чирчика, Ангрена и Келеса, представлена довольно крупными ирригационными каналами Зах, Кара-Камаш, Боз-су, Курук, Кульдук, Джун, Салар, Ханым, Северный Ташкентский канал и др. Часть ирригационных каналов фильтрует огромные количества воды и является одним из важнейших источников питания грунтовых вод. В своем верхнем течении Чирчик, Ангрен и Келес интенсивно питают своими водами грунтовые воды пойменной и луговой террас. Однако ниже Чирчик является уже мощной дреной. Келес в нижнем течении, особенно в период малых уровней, также дренирует грунтовые воды прилегающих территорий. В долине же Ангрена функцию естественных дрен, каптирующих грунтовые воды, выполняют река Геджиген и арык Кара-су.

Характеристику условий дренированности Чирчик-Ангренского массива можно видеть из табл. 20, где приводятся данные, иллюстрирующие механический состав и строение грунтов.

Из этих данных следует, что Чирчик-Ангренский массив имеет огромную площадь почв, залегающих на галечниковых горизонтах с глубины 0.2—1 м (34 000 га) и 1—3 м (59 000 га).

Основная масса естественно дренированных территорий находится в

Таблица 20

Характеристика Чирчик-Ангренского массива по механическому составу грунтов

(данные СоюзНИХИ)

Массивы	Площадь в га				
	Однородн. глинистые и суглинистые	Слоистые суглинисто-супесчаные и песчаные глины	Галечниковые		Итого
			0.2—1 м	1—3-м	
Орошаемые	153 318	7 193	23 819	42 580	226 915
Неорошаемые	125 871	1 789	10 483	16 823	154 966

районах верхнего, среднего и нижнего течения Чирчика. В долине Ангрена площадь естественно дренированных массивов значительно меньше.

Соответственно сильной дренированности Чирчик-Ангренского района, грунтовые воды на большей части его территории лежат глубже 4 м.

Таким образом, в Ангрен-Чирчик-Келесском оазисе гидрогеологические условия складываются исключительно благоприятно, препятствуя развитию процессов засоления. Грунтовые воды наиболее древних и высоких лёссовых террас залегают на 15—20 м и глубже в нижних горизонтах лёссов или в толщах галечников. Они имеют отток в сторону к речным руслам и в то же время направлены мощным грунтовым потоком к руслу реки Сыр-Дарьи. Глубина залегания грунтовых вод на нижних террасах равнин в среднем не более 3—5 м, а на террасах луговой и пойменной 1.5—3 м. На луговой террасе огромным дополнительным фактором питания грунтовых вод являются большие площади под культурой риса. В депрессиях рельефа второй террасы грунтовые воды выклиниваются на поверхность и в сочетании с большими количествами сбросных и избыточно-поливных вод вызывают сильное заболачивание почв. Построенные за последние годы скоростными методами глубокие коллекторы способствовали сильному снижению грунтовых вод луговой террасы Чирчика и осушению ее почв.

Вследствие ясно выраженного оттока грунтовых вод и очень быстрого их движения (5—9 м/сутки) процессы соленакопления в долине Чирчика выражены в очень слабой степени и лишь в самых низовьях реки, где галечники уходят на заметную глубину, а поверхностные горизонты террас сложены мелкоземистыми, менее проницаемыми наносами.

В долине Ангрена процессы засоления практически не выражены вовсе. В несколько большей степени процессы соленакопления прослеживаются по Келесу.

Грунтовые воды вследствие причин, охарактеризованных выше, отличаются ничтожной минерализацией, не выше 0.5—0.8 г/л и часто менее 0.1 г/л. Лишь в мелких тальвегах и саях к западу от Янги-юля, Чиназа

и в низовьях Чирчика грунтовые воды характеризуются некоторым повышением минерализации

Низкая засоленность грунтовых вод Ангрен-Чирчик-Келесской равнины обязана отсутствию соляных пород в бассейне рек Но решаю-

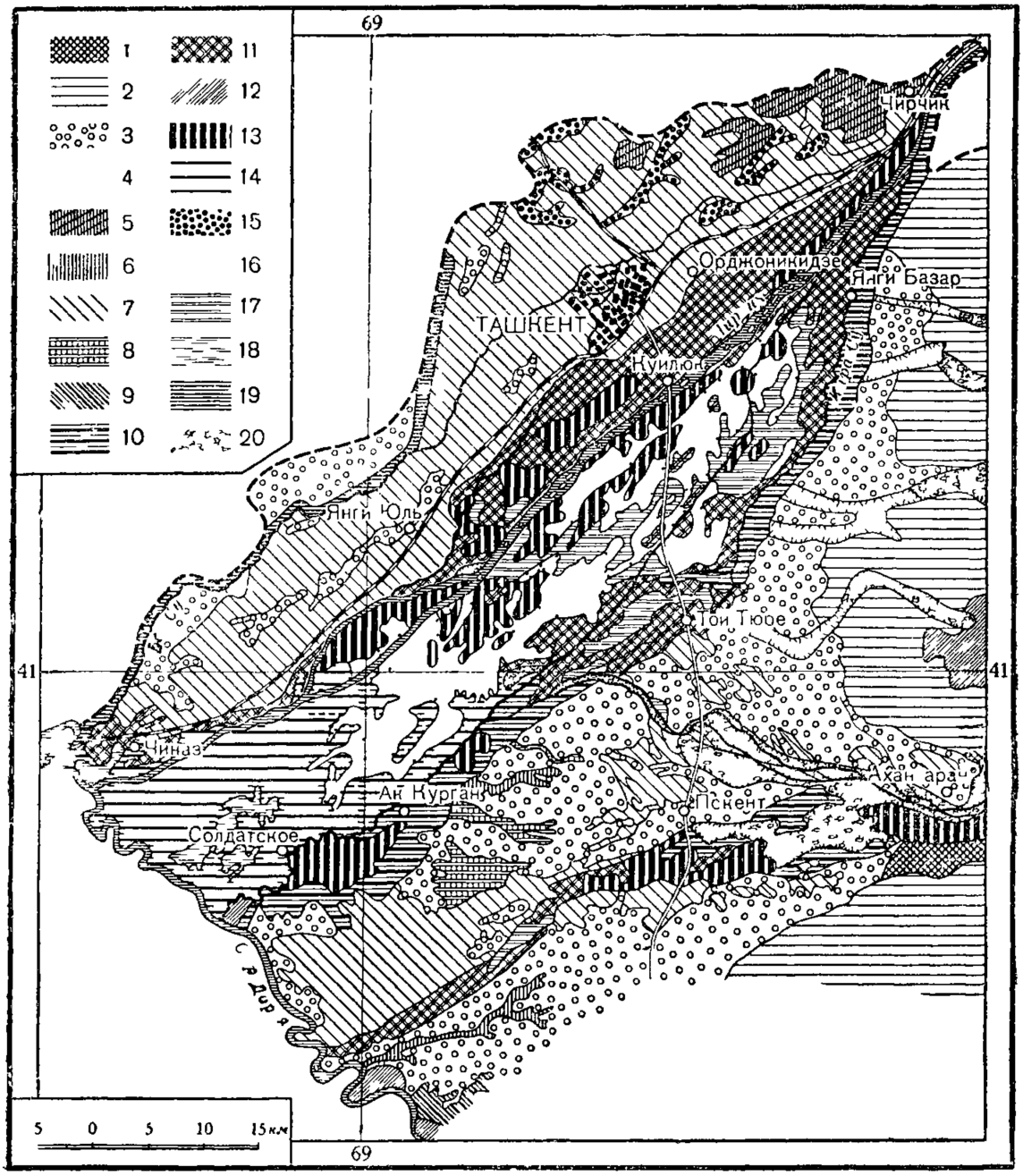


Рис. 18 Почвы Ангрен-Чирчикского орошаемого оазиса (Б В Горбунов)

1 — темные сероземы на лессах, местами скелетные *2* — то же, эродированные *3* — типичные сероземы на лессах *4* — типичные сероземы скелетно суглинистые и галечниковые, на каменистом пролювии *5* — типичные сероземы, эродированные, пестрого механического состава галечниковые с выходами коренных пород *6* — типичные сероземы солончаковатые, глинистые и суглинистые *7* — поливные типичные сероземы на лессах *8* — то же, солончаковатые *9* — светлые сероземы, солончаковатые, на лессах *10* — поливные сероземно луговые почвы глинистые и суглинистые, часто на галечниковых наносах *11* — поливные светлые луговые почвы, глинистые и суглинистые, на галечниковых наносах *12* — светлые луговые почвы, солончаковатые и солонцеватые, глинистые и суглинистые *13* — поливные болотно-луговые почвы, глинистые и суглинистые на галечниковых наносах *14* — то же, солончаковатые *15* — поливные, болотно-луговые почвы, глинистые и суглинистые на мелкоземлистом пролювии *16* — поливные болотные почвы, глинистые и суглинистые на галечниковых наносах *17* — болотные почвы, глинистые и суглинистые на галечниковых наносах *18* — то же, солончаковатые *19* — аллювиальные луговые солончаковатые почвы супесчаные и суглинистые *20* — галечниковые наносы в сочетании с луговыми суглинисто галечниковыми почвами

щими факторами отсутствия соленакопления являются несомненно исключительно выраженная благоприятная естественная дренированность местности и интенсивная циркуляция и отток грунтовых вод.

Судя, однако, по гипсоносности лёссов Ангрен-Чирчик-Келесского междуречья и содержанию в них сернокислого натрия, в прошлом лёссы переживали процессы засоления в довольно сильной степени. К современному же периоду процессы засоления давно уже сменились повсеместным интенсивным рассолением. Поэтому почвенный покров Приташкентского оазиса, в соответствии с условиями гидрогеологии и геоморфологии, не носит каких-либо существенных признаков засоления, исключая низовьев рек, и на преобладающей части оазиса представлен незасоленными луговыми и сероземными почвами (рис. 18).

Пойменная терраса обычно имеет сочетание новейших галечниковых, гравелистых наносов, луговых и болотных мелкоземистых скелетных незасоленных почв, лежащих на галечниках.

Луговые вторые террасы представлены уже преимущественно поливными болотно-луговыми глинистыми и суглинистыми почвами на гравелисто-галечниковых наносах.

Депрессии мезорельефа на этих террасах заняты поливными болотными, глинистыми и суглинистыми почвами, а также болотистыми массивами, лежащими на галечниковых наносах. Лишь к западу от меридиана Ак-Курган II терраса реки Чирчик имеет покров из поливных болотно-луговых солончаковатых и солончаковых почв глинистого и суглинистого механического состава.

Третья и более высокие лёссовые террасы Ангрена и Чирчика заняты поливными и неполивными типичными глинистыми и суглинистыми сероземами, залегающими на мощных лёссах, подстилаемых галечниковыми конгломератами. Лёссы этих террас отличаются просадочностью.

Таблица 21

Характеристика земельного фонда Чирчик-Ангренского массива, в га

(данные СоюзНИХИ)

Название почв	Орошаемые	Неорошаемые
Сероземы темные	94 682	100 806
Сероземы светлые	—	—
Луговые	56 293	32 525
Лугово-болотные	46 358	3 144
Болотные	29 588	18 491
Прочие[1]	—	17 365
Итого	226 921	172 331

[1] В графу «Прочие» вошли бугры, озера и другие неудобные земли.

Земельный фонд Чирчик-Ангренского массива представлен в следующих данных СоюзНИХИ (С. П. Сучков, табл. 21, стр. 107).

Орошаемые земли Чирчик-Ангренского массива в значительной части относятся к территориям нового орошения.

Как отмечено выше, в Чирчик-Ангренском массиве господствуют незасоленные почвы. Лишь на небольших площадях Калининского района, вследствие близости к поверхности соленосных третичных пород, встречаются небольшие пятна слабо- и среднезасоленных сероземов (около 3000 га). Встречаются засоленные почвы также на неорошаемых концевых частях ирригационных систем в Пскентском районе, а также на луговых, преимущественно неорошаемых почвах Чиназского и Ахангаранского районов. В сумме все засоленные почвы составляют не более 10%; это главным образом почвы слабозасоленные и не гребующие сложных мелиораций (табл. 22).

Таблица 22

Характеристика земельного фонда Чирчик-Ангренского массива по засолению

(данные СоюзНИХИ)

Массивы	Площадь в га			
	Незасоленные	Слабозасоленные	Среднезасоленные	Сильно засоленные и солончаки
Орошаемые	221 690	4 925	300	—
Неорошаемые . . .	140 231	7 896	5 770	1 069

Анализ рельефа и почв Ангрен-Чирчик-Келесской аллювиальной равнины позволяет притти к заключению, что современное развитие почвенного покрова протекает здесь без каких-либо признаков соленакопления. Новейший аллювий с возрастом затрагивается луговым и лугово-болотным почвообразовательными процессами и в дальнейшем, по мере старения рельефа и утраты влияния грунтовых вод и паводков, сменяется на древних террасах образованием лёссовых сероземов.

Будучи древним ирригационным оазисом, Приташкентский массив вместе с тем является одним из наиболее благополучных, не страдающих от засоления районом, и характеризуется исключительно высокой плодородностью своих почв.

Приташкентский оазис в полной мере можно сравнивать как в отношении геоморфологии, так и в отношении почвообразования и, в частности, процессов соленакопления, с рассмотренной нами выше долиной Зеравшана, где имеются по существу аналогичные по благоприятности условия, исключающие опасность вторичного засоления и обусловливающие развитие процессов рассоления.

4. Пролювиально-аллювиальная равнина долины реки Аракс (Ереванская равнина)

Пролювиально-аллювиальная равнина долины реки Аракс представляет пример долины, имеющей ряд озеровидных расширений, прерываемых сближениями горных цепей, что на ряде участков коренным образом ухудшает условия естественного дренажа и осложняет использование для орошения сравнительно минерализованные воды реки Аракс и щелочные воды оз. Севан.

Как и многие другие межгорные долины, занятые аллювиальными отложениями, долина Аракса характеризуется асимметричностью, выражающейся в неполном развитии правобережной стороны и формировании полного комплекса террас на левобережной стороне равнины. Сама долина на пространстве среднего Аракса, по мнению ряда исследователей, представляет собой глубокий грабен. Наблюдения Б. Л. Личкова и П. И. Лебедева установили существование не менее трех древних террас, не считая поймы. Пойменная терраса Аракса представлена небольшими островками и отмелями.

I надпойменная терраса, сложенная галечниками разного размера, а также суглинистыми и глинистыми материалами, возвышается, по данным П. И. Лебедева, примерно на высоту до 6 м над уровнем реки. II терраса, сложенная окатанными галечниками, возвышается над уровнем реки на 14—17 м. III терраса, наиболее высокая, сложенная также галечниками, возвышается над уровнем реки на 30—35 м.

Наибольшее распространение имеет, по данным П. И. Лебедева, II терраса в районе Сардарабад — Джафарабад — Каракала. Однако и I терраса зачастую приобретает также широкое развитие.

Наиболее крупным расширением долины Среднего Аракса является Ереванская равнина, расположенная в среднем на высоте около 915 м и имеющая длину до 60 км и ширину до 30 км. Ереванская равнина сменяется ниже по течению значительным сужением всей долины начинающимся за Араздаянской степью склонами гор Дагна с левой стороны реки и Вели-даг с правой стороны, образующими ущелье Волчьи Ворота.

Другим (кроме Шарарской степи) значительным расширением долины Аракса является расширение Нахичеванской части долины. Ширина здесь вновь достигает почти 20 км. Ниже Джульфы долина реки вновь стеснена отрогами гор.

Верхние, наиболее древние террасы равнины перекрываются каймой пролювиальных и аллювиальных отложений, выносимых с предгорий и гор временными и постоянными ручьями и реками, идущими в направлении к Араксу. Наиболее крупные реки — Западный Арпа-чай, Абаранчай, Занга, Гарни-чай, Восточный Арпа-чай и др.— образуют древние и современные молодые аллювиальные террасы, сливающиеся в своих дельтах с соответствующими по возрасту террасами реки Аракс.

Ереванская равнина (Ереванская котловина) характеризуется своеобразным рельефом, в котором отчетливо различаются хорошо сохра-

нившиеся старые русла реки Аракса. В свое время Аракс проходил вдоль подошвы левобережных гор, эродируя их и откладывая толщи своего аллювия. Не везде старое русло Аракса сохранилось одинаково хорошо. На многих пространствах, особенно в восточной части долины, они сохранились хуже, будучи скрыты отложениями боковых притоков.

Русла реки Кара-су в западной части Ереванской низменности являются самым северным древним руслом Аракса. Сейчас река Кара-су питается источниками, выклинившимися в район Алагеза. К югу от русла Кара-су можно различить еще четыре древних русловых продольных впадины Аракса. Их извилистые линии идут в общем параллельно нынешнему направлению реки Аракс; зачастую древние русла имеют отчетливо выраженные берега высотой до 2 м, отмели, сложенные песками и галечниками, древние гривы. Во многих местах последующая денудация сгладила берега и тальвег старых русел. Наиболее отчетливым из древних русел является русло Кура — Аракс, достигающее ширины 150 м и длины около 18 км.

В Араздаянской степи, занимающей восточную часть Ереванской котловины, Б. Я. Галстян также находил признаки древних русел реки Аракс, формировавших отложения, слагающие Араздаянскую степь. Перемещение Аракса вправо сопровождалось здесь образованием озерно-болотного бассейна, который при высыхании превратился в солончаковый массив.

Судя по указаниям В. Ф. Захарова, древние сухие ложбины — «рытвины»— характерны и для Нахичеванского расширения долины Аракса, где они также образованы продольными галечниковыми грядами и депрессиями между ними.

Соответственно генезису пролювильно-аллювиальной равнины Аракса слагающие ее осадочные породы представлены разнородными пестрыми толщами песчано-галечных отложений, перекрытых в верхних горизонтах суглинистыми и глинистыми породами. В отдельных случаях пески и галечники выходят на дневную поверхность.

Араздаянская степь сложена аллювиальными породами суглинистого и тяжелоглинистого механического состава, которые на глубине около 8 м сменяются песками, перемежающимися с глинами и галечниками.

Конусы выносов боковых рек бассейна Аракса характеризуются также пестрым линзовидным строением слагающих их пород. Эти отложения пересекают наносы собственно Аракса и представлены каменисто-галечниковыми, иногда даже валунными отложениями. В некоторых случаях, однако, здесь распространены также и суглинисто-глинистые мелкоземистые малосортированные отложения.

В целом толщи пролювиально-аллювиальных отложений, слагающих равнину, лежат на фундаменте изверженных и древних осадочных пород, уходящих под толщу аллювия и пролювия. В отдельных частях равнины повышения рельефа, сложенные изверженными и древними осадочными породами, выходят на дневную поверхность.

Обширный гидрогеологический материал В. Ф. Захарова свидетель-

ствует о том, что происхождение грунтовых вод Араксинской межгорной долины обязано прежде всего притоку их со стороны гор (Алагез, Агмантан, Сарайбулак) и предгорий через долины и конусы выносов боковых рек и ручьев. Общее движение этого грунтового потока равнины, судя по картам гидроизогипс, направлено к руслу Аракса.

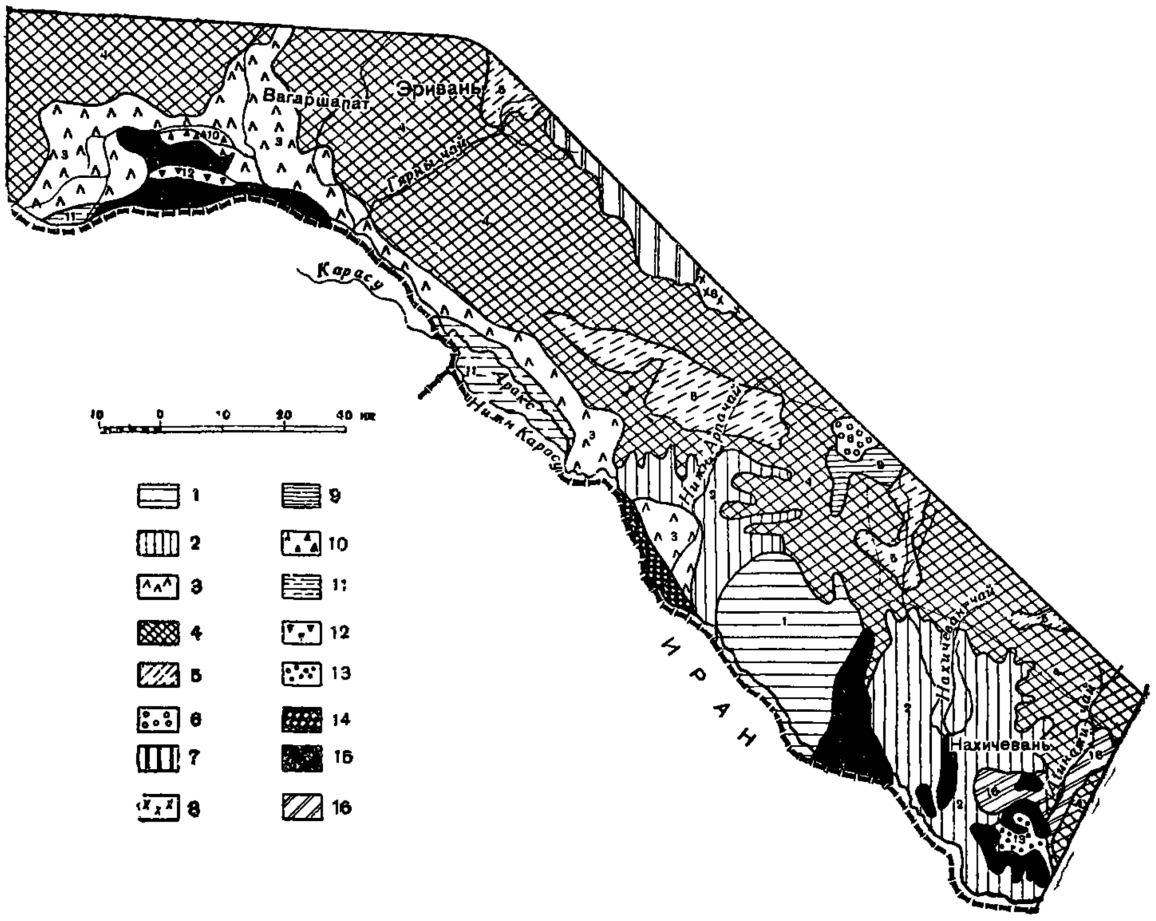


Рис. 19. Почвы левобережья долины Аракса (С. А. Захаров 1929 г.)

1 — светлоземы суглинистые на мергелистой коре выветривания *2* — то же, суглинистые супесчанные, на лессовидных породах. *3* — сероземы и серобурые (большей частью поливные) на аллювиальных наносах, с пятнами луговых почв и солонцов. *4* — сероземы, горнобурые, светлокаштановые, маломощные скелетные почвы крутых склонов. *5* — каштановые почвы. *6* — горно-лесные дерновые почвы и смытые, почвы склонов. *7* — темнокоричневые лесные почвы. *8* — горно-луговые почвы субальпийской зоны. *9* — черноземновидные горно-луговые почвы. *10* — чально-луговые и темноцветные почвы. *11* — чально-болотные почвы сероземной и бурой зон. *12* — болотные и лугово-болотные почвы разных зон *13* — солонцы и солонцеватые почвы. *14* — солончаковые почвы *15* — солончаки мокрые, пухлые и бугристые. *16* — молодые аллювиальные почвы

Однако на многих участках равнины значительным фактором питания грунтовых вод являются древние русла, заполненные водой, в частности Кара-су, и воды самого Аракса, особенно в период разливов.

Все же на большей части своего протяжения, а также в течение большей части времени года русло реки Аракс по отношению к надпойменным террасам по преимуществу обладает дренирующим эффектом. В районах орошения, естественно, дополнительным мощным фактором питания грунтовых вод являются также избыточные поливные и фильтрационные ирригационные воды. Особенно большую роль в

этом смысле играют ирригационные каналы, проходящие на повышенных участках предгорий, сложенных легкопроницаемыми каменистыми породами.

Наконец, хотя и небольшую в смысле водного баланса, но существенную в смысле баланса солевого роль играют многочисленные источники, открывающиеся и питающие своими водами и солями равнину (Давалинские источники).

Гидрогеология Ереванской низменности чрезвычайно сложна, что обязано пестроте литологии слагающих ее отложений, условиям питания и движения грунтовых вод.

Оценивая значение факторов питания грунтовых вод Араксинской равнины, В. Ф. Захаров считает, что наиболее мощным источником питания грунтовых вод являются воды, идущие «с рамы гор», представленные обильной сетью мощных родников. Вторым по мощности источником питания грунтовых вод долины являются, по мнению Захарова, воды, идущие в пролювиальных наносах боковых долин, впадающих в долину Аракса. Третий источник — собственно река Аракс, которая в различное время года в различных пунктах влияет на грунтовые воды не одинаково.

В каньоне перед выходом в район Ереванской низменности русло Аракса вследствие кольматированности, по мнению Захарова, связи с грунтовыми водами не имеет.

Ниже по течению, в Карасуйском районе, Аракс, заполняя своими водами старые русла, питает грунтовые воды равнины. Еще ниже по течению Аракс на всем протяжении до пункта Давалу дренирует грунтовые воды равнины. В районе Араздаянской степи Аракс вновь питает грунтовые воды аллювиальной равнины. Этому, вероятно, способствует общее сужение долины Аракса ниже по течению у Волчьих Ворот, создающее некоторый подпор водам реки.

По данным В. Ф. Захарова, уровень Аракса на пространстве от Давалу до Волчьих Ворот превышает больше чем на 2 м наименьшие отметки Араздаянской степи, являющейся обширной впадиной. Особенно большое влияние имеет Аракс на питание грунтовых вод аллювиальной равнины в период разливов, когда он затопляет значительные пространства Араздаянской степи и отдельные места выше по течению.

Реки второстепенные — Кара-су, Кацах, Занга, Гарни-чай — в предгорной части обладают некоторым дренирующим значением. В нижних частях своего течения, особенно в области конусов выноса, реки являются проводниками поверхностных и подземных вод и питают этим путем грунтовые воды равнины.

Значение подземного стока с гор и предгорий в питании грунтовых вод Араксинской пролювиально-аллювиальной равнины отмечается С. А. Захаровым и для нахичеванской части равнины, где известны огромные запасы подземных вод, используемых для орошения через кяризы.

Араксинская пролювиально-аллювиальная равнина характеризуется

вследствие отмеченных условий питания близостью грунтовых вод к дневной поверхности. Наиболее близкие грунтовые воды, с залеганием до 1 м и выходящие зачастую на дневную поверхность, отмечаются В. Ф. Захаровым в Араздаянской степи, а также на периферии конуса выносов субаэральных дельт рек Гарни-чай, Чатма-су, Кацах. Во многих частях этих районов грунтовые воды обусловливают образование сезонных болот и разливов.

В период после разливов Аракса, когда его дренирующее значение усиливается, на значительном пространстве вдоль него обособляются полосы территории с залеганием грунтовых вод на глубине 1—3 м. Пространств, имеющих грунтовые воды глубже 3 м и, особенно, глубже 5 м, на территории равнины не много. Они совпадают с наиболее высокими частями поверхности.

Для Нахичеванской низменности, по данным С. А. Захарова, характерно преобладание грунтовых вод, залегающих на глубине 3—5 м.

Воды Аракса довольно сильно минерализованы легкорастворимыми солями (в мае до 0.26 г/л, в сентябре до 1 г/л). Значительные запасы легкорастворимых солей характерны также для пролювиальных и родниковых вод, сбегающих со стороны гор на равнину.

По данным В. Ф. Захарова, содержание солей в речных водах равнины выражается следующими величинами:

	г/л
Аракс	0.34—1.40
Кара-су	0.33
Занга	0.36
Гарни-чай	0.16—0.67

В составе солей преобладают бикарбонаты щелочей и хлориды.

Высокое содержание солей в речных и родниковых водах связано с тем, что породы, слагающие горы, окаймляющие Араксинскую равнину, включают большое число соленосных горизонтов и даже соляные месторождения.

Сухость воздуха, повышенная минерализация вод, питающих грунтовые воды Араксинской равнины, близость грунтовых вод на некоторых массивах к дневной поверхности и сильное испарение их на этих массивах обусловливают на ряде участков равнины формирование грунтовых вод весьма высокой минерализации и развитие процессов засоления, хотя в целом для равнины характерна невысокая минерализация грунтовых вод.

По данным В. Ф. Захарова, районом наиболее значительного соленакопления является прежде всего Араздаянская степь (рис. 20). Здесь обнаруживаются значительные пространства с содержанием солей в грунтовых водах до 30—50 г/л и более.

Очаги высокоминерализованных грунтовых вод встречаются и на остальных частях Араксинской равнины, но они занимают сравнительно небольшие площади. Так, в Карасуйском районе отмечается небольшой массив с грунтовыми водами, содержащими 10—30 г/л солей.

Грунтовые воды Нахичеванской части Араксинской равнины также обнаруживают случаи высокого содержания солей — до 20 г/л. На участках заметного движения грунтовых вод минерализация их несколько падает. В частности в Ереванской низменности минерализация грунтовых вод уменьшается в направлении от гор к реке Араксу.

Образование центров соленакопления в Араксинской равнине связано с резким ухудшением естественной дренированности территории, вы-

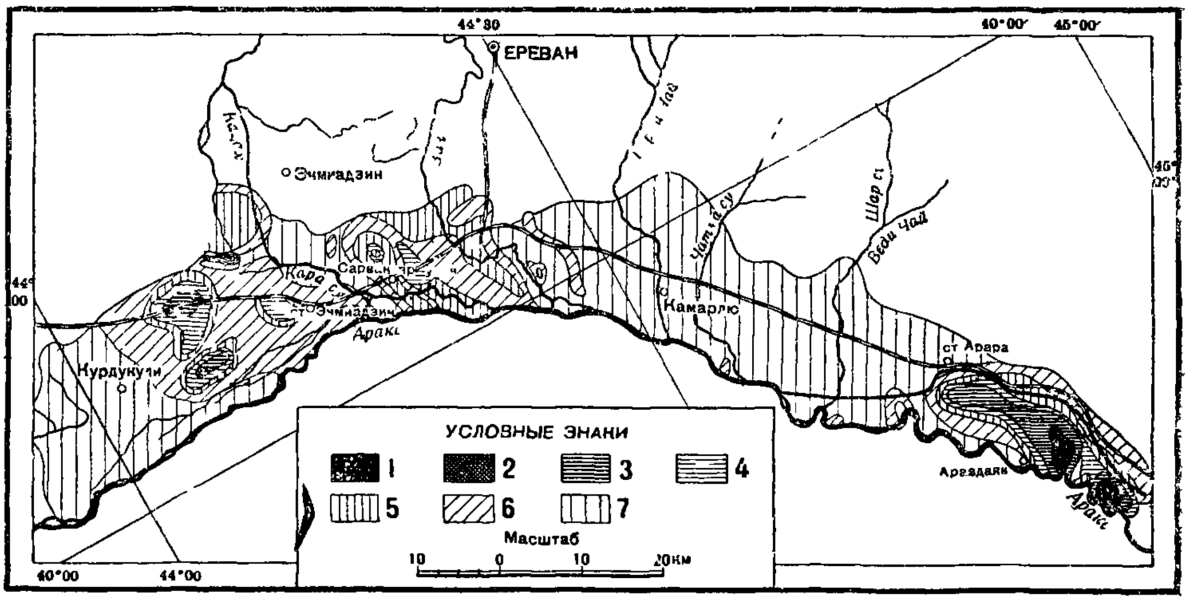


Рис. 20. Схематическая карта соленакопления в грунтовых водах долины реки Аракс (В. Ф. Захаров):

1 — сухой остаток 50 г/л и более *2* — от 30 до 50 г/л, *3* — от 10 до 30 г/л. *4* — от 5 до 10 г/л, *5* — от 2,5 до 5 г/л. *6* — от 1 до 2.5 г/л. *7* — до 1 г/л.

зываемым рядом перемычек по течению реки, затрудняющих сток в долине и обусловливающих питание рекой грунтовых вод суши. Наиболее ярким примером этого является Араздаянская степь. Для большей же части всей Араксинской равнины характерна сравнительно слабая минерализация грунтовых вод. Так, в Ереванской котловине преобладают грунтовые воды с минерализацией в пределах 2—1 г/л солей и менее.

Для химизма солей грунтовых вод равнины характерна большая доля участия в них бикарбонатов и карбонатов щелочей, а также хлоридов.

Преобладание слабоминерализованных грунтовых вод обусловливает среди них преобладание щелочных типов засоления. Это в свою очередь при засолении почв обусловливает развитие здесь разновидностей содовых солончаков и солонцеватости.

Исследователи почвенного покрова Ереванской и Нахичеванской низменностей (С. А. Захаров, А. М. Налбандян, Х. П. Мириманян, Р. Х. Айдинян и др.) обнаружили, что территории, находящиеся в неблагоприятных условиях естественного дренажа, характеризуются широким развитием солончаковых и солонцеватых почв. Так, на почвен-

ной карте С А. Захарова (1936) крупные массивы солончаков показаны в низкой части Сардарабадской степи, а также к северо-западу и юго-востоку от Нахичевани Большие массивы солончаков вторичного засоления характерны для Араздаянской степи (рис. 19).

На повышенной естественно дренированной, большой по площади части Араксинской пролювиально-аллювиальной равнины преобладают сравнительно малозасоленные поливные и пустынно-степные, иногда солонцеватые почвы.

В долине реки Аракса сосредоточена большая часть орошаемых и пригодных для орошения земель Армянской ССР. По материалам Н. А. Димо, земельный фонд этой территории определяется брутто в 325 тыс. га. В составе этой площади до 40 тыс. га, или 12.3% площади, приходится на почвы различной степени засоленности. Таким образом, в пределах долины Аракса имеются обширные земельные фонды, которые могут быть использованы для орошения.

Из 40 тыс. га засоленных почв, по данным проф. Н. А. Димо, сильно засоленные почвы, содержащие солей более 1%, составляют 5 тыс. га; 25 тыс. га приходится на долю почв, содержащих 0.5—1% легкорастворимых солей. Присутствие в составе солей больших количеств соды приводит в ряде случаев к образованию содово-хлоридно-сульфатных солончаков. Содержание соды при этом в солончаковых пятнах может доходить до 5—6% при общей сумме солей около 15%. Кроме характерного для засоленных почв долины Аракса накопления соды, для многих малозасоленных почв характерна сильная солонцеватость при сравнительно пресных грунтовых водах.

Наряду с процессами засоления в долине Аракса распространены также процессы заболачивания. Так, в Араратской котловине около 12 тыс. га занято заболоченными, иногда слабозасоленными почвами.

Процессы заболачивания и засоления в орошаемых районах долины Аракса усиливаются от неправильного орошения (Эвджиляр, Камарлю, Вагаршапат, Октемберян). Заболоченные почвы долины представлены слабозасоленными, богатыми органическим веществом лугово-болотными разностями. Более повышенные пространства заняты разновидностями бурых и каштаново-бурых культурно-поливных почв, почти полностью освоенных под виноградники, сады, хлопчатник и эфиромасличные культуры.

Исследования, проведенные в долине Аракса проф. Оганесовым, позволяют считать, что в будущем заболоченные и засоленные районы Кара-су и районы Араздаянской степи при условии защиты от паводков могут быть успешно дренированы с помощью калифорнийских колодцев, рассолены и после этого освоены под орошение.

Вследствие бессточности этих районов применение калифорнийских колодцев для понижения грунтовых вод, в сущности, является единственным способом их мелиорации. Частично сточные районы (Октемберян, Зангибасар, Камарлю) могут осушаться как с помощью калифорнийских колодцев, так и с помощью обычного горизонтального дренажа.

Подводя итоги рассмотрению процессов соленакопления Араксинской пролювиально-аллювиальной равнины, можно отметить следующие особенности:

Араксинская пролювиально-аллювиальная равнина, отличаясь асимметричностью своего строения и имея подпор со стороны Аракса, характеризуется развитием ряда крупных естественных центров соленакопления в своей левобережной части.

Центры соленакопления Араксинской пролювиально-аллювиальной равнины приурочены к наименее дренированным пониженным ее частям, находящимся под встречным влиянием грунтового потока с гор и от Аракса и подпертым выходами коренных пород, затрудняющих отток грунтовым водам.

Попытка бездренажного орошения бессточных участков подобного типа (Араздаянская степь) вызвала резко выраженное развитие сплошного вторичного засоления.

В отличие, однако, от других орошаемых районов Советского Союза, Араксинская равнина характеризуется широким распространением сравнительно пресных, щелочных по характеру минерализации грунтовых вод, обусловливающих, с одной стороны, медленность процессов засоления, а с другой — высокое участие соды в составе солей, накопляющихся в почвах, что и придает почвам солонцеватость.

5. Долина реки Вахш

Долина реки Вахш представляет интерес как пример аллювиальной равнины, сформированной в верхней части среднего течения реки Аму-Дарьи. На этом же примере можно отчетливо видеть исключительно большое значение в развитии процессов соленакопления высокой минерализации оросительных вод и неполной сточности долины, связанной со своеобразной тектонической структурой последней.

Вахшский орошаемый оазис расположен в области сухого субтропического климата, приближающегося к климату Египта, Алжира, Западных штатов США и позволяющего возделывание длинноволокнистого египетского хлопчатника. О климате долины реки Вахш можно судить по следующим показателям (данные метеостанции в Курган-Тюбе и Джиликуле): средняя годовая температура 15.3—16°, безморозный период около 220 дней (с колебаниями 202—247), годовое количество атмосферных осадков 213—267 мм (85—90% выпадает зимой и весной), испарение 11 000—12 000 м³/га. Почвенно-мелиоративные условия долины реки Вахш детально изучены Вахшской станцией Академии Наук СССР (проф. И. Н. Антипов-Каратаев, П. А. Керзум, О. А. Грабовская, А. В. Николаев, И. М. Липкинд и др.), материалы которой нами использованы здесь.

Комплекс отложений, слагающих Вахшскую аллювиальную равнину, вложен в депрессию, ограниченную меридионально ориентированными горными складками, являющимися водоразделами Вахша с реки Кафирниган на западе и Таир-су и Кызыл-су на востоке.

Хребты, окаймляющие Вахшскую долину, возвышаясь над нею на 1000—1300 м, сложены соленосными породами третичного возраста, глинами, конгломератами и известняками с прослоями гипсов.

Долина реки Вахш отчетливо разделяется на две части: северную Курган-Тюбинскую и южную Джиликульскую. Эти части разделены перемычкой, образованной горой Кызыл-тумшук и двумя останцами — Уртабоз и Кичик-Уртабоз и отделяющей северную Курган-Тюбинскую часть Вахшской долины, составляющей по протяженности примерно ее третью часть, от южной. Перемычка не сплошная; она пропилена в трех местах: современным руслом реки Вахш на западе, древним руслом Вахша между Уртабозом и Кичик-Уртабозом и древним руслом Вахша между горой Кызыл-тумшук и Уртабозом (рис. 16).

Поверхность Вахшской равнины представлена серией террас, которых насчитывается пять (П. А. Керзум).

Пойменная и II надпойменная террасы реки Вахш занимают небольшую площадь. II терраса возвышается над уровнем реки на 4—5 м. Она сложена суглино-супесчаными отложениями, подстилаемыми галечниками. В северной части долины она представлена узкой полосой. Южнее г. Джиликуля она расширяется до 4 км, и высота ее над уровнем воды постепенно увеличивается. Здесь же возрастает мощность мелкоземистых отложений и уменьшается значение гравийно-галечниковых отложений. К югу на поверхности II террасы появляются старицы, занятые соляными озерами.

Наибольшее развитие в долине получает III терраса — район старого орошения на Вахше. Ширина ее достигает в северных частях долины 20 км; к югу, ниже тектонической перемычки, она сужается до 7—8 км. III терраса возвышается над уровнем реки на 10—12 м. К югу у реки Пяндж обрыв III террасы достигает 15—17 м. В области тектонической перемычки III терраса очень сужается. Здесь остаются проходы шириной лишь в 1—2 км. Равнина III террасы приподнята уступом высотой 3—5 м над поверхностью II террасы. Общий уклон равнины к юго-западу выражается величиной 0.003; III терраса имеет чрезвычайно сложный мезорельеф: узкие плоские водоразделы, во многих случаях занятые ныне или в прошлом трассами ирригационных каналов, перемежаются с пологими склонами и чашевидными депрессиями.

По исследованиям Г. С. Кагана и П. А. Керзума, этот мезорельеф является своеобразным следствием наложения вторичного ирригационного рельефа на древний. Площади чашевидных понижений достигают, по подсчетам Г. С. Кагана, 2—150 га. Преобладают (63%) понижения с площадью около 10—40 га. Центральные части чаш сложены тяжелыми суглинками или глинистыми отложениями и понижены на 5—7 м по сравнению с бортами и водоразделами между чашами. Склоны и водоразделы чаш сложены легкосуглинистыми, пылевато-суглинистыми ирригационными отложениями, являющимися, главным образом, продуктами очистки каналов. Чашевидный мезорельеф создает большую неоднородность в уклонах поверхности: склоны гребней имеют уклоны

до 0.03—0.05; средина склона — 0.02—0.005; днища чаш горизонтальны.

III терраса в пределах Курган-Тюбинской части в основании сложена толщей аллювиальных галечников, мощность которых не достаточно определена. Галечники лежат на неровно размытой поверхности третичных песчаников, выходы которых видны у головного сооружения канала им. Сталина, там, где выклинивается III терраса. Видны также выходы песчаников в районе останца Уртабоз, а также по обрыву III террасы выше уреза реки Вахш. Неровная, приподнятая у Вахша поверхность песчаников в отдельных участках мешает проявиться дренирующему влиянию галечников.

Толща галечников прикрыта глинистыми и суглинистыми отложениями, мощность которых, колеблясь в пределах 2—8 м, возрастает к югу в направлении к Пянджу. В этом же направлении подстилающие галечники постепенно исчезают, сменяясь песками. Наоборот, в северной части долины, близ ущелья (Вахшские ворота) покров мелкоземистых отложений утончается и, наконец, сменяется выходящими на поверхность галечниками.

Генетически III терраса реки Вахш представляет собой сочетание конуса выносов реки Вахш и его III аллювиальной террасы.

Южная окраина Курган-Тюбинской части III террасы, окаймленная изгибом горы Кызыл-тумшук и останцом Уртабоз, представляет низину Караланг (древняя старица — петля реки Вахш), сложенную тяжелосуглинистыми и глинистыми солеными отложениями. Урочище Караланг принимает в себя поверхностные и сбросные воды всей Курган-Тюбинской части долины.

Над поверхностью III террасы возвышается обширная лёссовая равнина, так называемая «Ак-Газа» в северной части и «Кумсынгирское плато» в южной части долины. В ее пределах можно различить два уровня, представляющие, возможно, IV и V древние террасы. С поверхности лёссовая равнина сложена толщами сильнопросадочных лёссовых суглинков делювиально-пролювиального происхождения. С глубиной толща лёссов IV и V террас начинает приобретать отчетливый слоистый характер, что свидетельствует об их аллювиальном генезисе (С. В. Быстров).

Наконец, на глубине 30—50 м рыхлые наносы сменяются толщами галечников, конгломератов, гравелистых и песчанистых отложений.

Рельеф поверхности IV и V террас является почти идеально равнинным с общим наклоном к югу. Вследствие склонности лёссов этих террас к сильным просадкам, на поверхности их обнаруживаются отчетливо выраженные впадины микрорельефа и провалы.

Долина реки Вахш имеет явно выраженную асимметрию, заключающуюся в том, что правобережная часть ее почти не развита, а левобережная сторона представлена полным комплексом террас.

Гидрографическая сеть долины реки Вахш представлена системой крупных ирригационных каналов, проходящих по поверхности лёссовых (IV и V) и III террас, и многочисленным количеством сбросных

болот и озер, расположенных в центральных частях чашевидных депрессий. Наиболее крупным сбросным озером-болотом являлось в течение долгого времени озеро Караланг.

Наконец, четвертым элементом гидрографической сети долины являются коллекторы и сбросы, построенные для отвода грунтовых вод III террасы.

Русло реки Вахш благодаря его врезанности по отношению к поверхности древних V, IV и III террас является естественной дреной для циркулирующих в толщах этих террас грунтовых вод. Грунтовый поток III террасы имеет явно выраженное направление в сторону к руслу реки Вахш. Однако та часть III террасы, которая обращена в сторону Каралангской впадины и замыкается останцами Урта-боз и горой Кызыл-тумшук, оттока грунтовых вод практически не имеет.

Высокая минерализация вод реки Вахш, достигающая 0.7—1 г/л, способствует тому, что ирригационные наносы и аллювий пойменной террасы быстро обнаруживают признаки засоления.

Современные почвенно-мелиоративные условия и процессы засоления почв долины реки Вахш невозможно понять без учета состояния и истории эксплоатации водного хозяйства долины. Есть указания на то, что в недавнем прошлом (1913 г.) грунтовые воды в долине реки Вахш залегали, как правило, глубже 1 сажени (П. Гаевский). Подобные условия сохранились, по мнению Г. С. Кагана, на Вахше до 1927 г. Однако рост орошаемых площадей при крайне безхозяйственном отношении к экономии воды привел к тому, что к 1932 г. уровень грунтовых вод в долине на части территории поднялся (табл. 32; к сожалению, методы и качество учета не выдерживались, и цифры поэтому не устойчивы).

Таблица 23

Динамика уровня грунтовых вод в долине реки Вахш

(Г. С. Каган)

Район	Год	Площадь в га с глубиной грунтовых вод, в м						Примечание
		0—2	0—1	2—3	2—5	5—10	10—15	
Курган-Тюбинский								В 1928 г. площади с грунтовыми водами глубже 3 м не учитывались
Правая сторона канала Джой Бор	1928	—	400	2 980	—	—	—	
	1932	1 630	—	—	7 240	6 860	—	
Левая сторона канала Джой Бор	1928	—	—	13 930	—	—	—	
	1932	8 220	—	—	8 600	8 970	1 770	
Джиликульский	1932	—	—	—	1 785	13 415	4 010	

В дальнейшем уровень грунтовых вод продолжал повышаться. Особенно катастрофический подъем уровня грунтовых вод имел место в

1933—1936 гг., когда значительная площадь долины оказалась заболоченной. Реконструкция старых оросительных каналов и особенно постройка нового крупного канала без принятия мер по борьбе с фильтрацией крайне усилили питание грунтовых вод. Наиболее сильный подъем грунтовых вод произошел на тех территориях III террасы (Кафырская горловина, Ташрабат и др.), которые оказались под влиянием фильтрационных вод каналов, идущих по Ак-Газе и Кум-сынгыру по краю лёссовой террасы. Водозабор к этому времени вырос до 25 000—35 000 м³/га, а на отдельных каналах и выше.

Полив производился диким напуском. Число поливов было чрезвычайно велико —15—17, а иногда и 20.

Избыточно забираемая вода сбрасывалась в понижения, в которых создавались болота и озера, питающие грунтовые воды долины. Урочище Караланг было заполнено сбросными водами, образовавшими озеро площадью около 1500 га, которое, правда, позже было частично спущено при помощи специально устроенного коллектора.

Отмеченные недостатки водопользования в долине реки Вахш в значительной степени объясняются плохой армированностью и неошлюзованностью каналов. Обширная сеть ирригационных каналов функционирует в долине круглый год, и суммарный водозабор достигает огромных величин — порядка 1500 млн. м³. Лишь небольшая часть поступающих через ирригационные сооружения вод (35.3 млн. м³) в дальнейшем дренируется в русло Вахша. За пределы Курган-Тюбинской части долины уходит около 500 млн. м³, и сбрасывается в Вахш 320 млн. м³.

Таким образом, колоссальное количество вахшских слабоминерализованных оросительных вод остается в пределах долины, расходуясь на питание грунтовых вод, а в дальнейшем — на испарение и засоление.

Значительную отрицательную роль в заболачивании и засолении почв долины реки Вахш играла и играет дефектность коллекторно-сбросной сети. Глубина коллекторов на многих участках не была доведена до проектных отметок. Во многих случаях коллекторная сеть зарастала тростниками, заплывала вследствие обвалов и заиления и не отводила грунтовых вод.

В 1937—1938 гг. были приняты серьезные и успешные меры по общему улучшению водопользования. Суммарный водозабор за вегетационный период с 22 500 м³/га в 1936 г. был снижен до 16 650 м³/га в 1938 г. Одновременно были проведены большие работы по расчистке и углублению старой коллекторной сети, а также по строительству сети новых глубоких коллекторов. Каралангское озеро было спущено с помощью глубокого специального сброса. Все это вместе взятое способствовало значительному улучшению в 1938—1939 гг. общего мелиоративного состояния системы.

Водный баланс Курган-Тюбинской части долины реки Вахш, подсчитанный П. А. Керзумом и нами на 1938 г., показывает, что основным регулятором водного режима III террасы долины являются транспирация и испарение (табл. 24). Соответственно и солевой баланс долины

Таблица 24

Вероятный баланс воды и солей в северной части Вахшской долины за 1938 г

(П. А. Керзум)

Приход		Расход		Сумма по группам расхода	Сальдо
Источник прихода воды	млн м³	Источник расхода воды	млн м³		
1. Головное сооружение	1 408.1	1. Сток по каналам в южную часть . .	512.5		
2. Осадки	175.8	2. Сброс из каналов в реку Вахш . . .	327.0	839.5	
		3 Сток по коллекторам	124.4		
		4. Сток грунтовых вод в реку Вахш . . .	35.3	159.7	
		5. Испарение в сети (150 м³ на 1 га обарыченной площади)	8.7		
		6. Испарение с поля, орошаемого 13 тыс м³ × 28 тыс. га . .	364.0		
		Неорошаемого .	211.4	584.1	
Итого . .	1 583.9	Итого . . .	1 583.3	1 583.3	0.6
Источник прихода солей	тыс т	Источник расхода солей	тыс т		
1. Запас солей в почве в слое до уровня грунтовой воды (на 1937 г., в среднем слой 2.22 м с содержанием солей 0 57%)	8 640.30	1. Уход с водой по коллекторам при средней минер. воды в коллекторах 30 кг/м³ (0.003 × × 122 400 тыс. м³) .	367.20		
2. Запас солей в грунтовой воде в слое 1 м (на 1937 г.) . . .	1 664.00	2. Дренируется Вахшем при средней минерализации от 2.5 до 4.5 кг/м³ . .	70.60		
Всего запас на 1937 г.	10 304.30				
3. Поступило солей с оросительной водой в 1938 г. (поступило вахшской воды, в млн. м³, 1 408 1 + + 839.5 + 586.7 с содержанием солей 0.8 кг/м³)	455.00				
Всего	10 759.30	Всего	437.80		
		Запас на 1939 г. . . .	10 321.50	—	17.2

даже в сравнительно благополучных условиях 1937—1938 гг. был направлен в сторону соленакопления, как это можно видеть из данных табл. 24. Из этих же данных солевого баланса можно видеть, что коллекторно-сбросная сеть в 1938 г. при всей ее недостаточности являлась важнейшим фактором регулирования солевого режима и общего мелиоративного состояния долины.

В период Отечественной войны ряд общих трудностей вызвал вновь существенное ухудшение водопользования в долине. Суммарный водозабор к 1943—1944 гг. вновь поднялся до 20 000—22 000 м³/га. Внимание к состоянию и эксплоатации коллекторно-сбросной сети уменьшилось, и она в большинстве случаев перестала функционировать. Допущена была также на хлопковых землях культура риса на площади 300—400 га в каждом административном районе долины. Очевидно, сказалось также подтопляющее влияние фильтрационных вод с высокой террасы (Ак-Газа, Кумсынгыр). Все это привело к тому, что в 1944—1945 гг. уровень грунтовых вод вновь обнаружил подъем на значительной территории. На многих массивах грунтовые воды вышли на поверхность с образованием болот. Процессы засоления орошаемых почв при этом усилились.

Естественная дренированность долины оказалась совершенно не достаточной для того, чтобы обеспечить отток избыточных оросительных и грунтовых вод, накопившихся в долине к этому периоду.

Причиной недостаточной эффективности естественного дренажа в сторону русла реки Вахш, несмотря на глубокую врезанность ее, является, очевидно, неровная волнистая поверхность третичных песчаников, на которых лежат аллювиальные отложения III террасы.

Очевидно, поверхность грунтовых вод и сам водоносный горизонт разобщены на ряд отдельных застойных бассейнов.

Второй причиной недостаточной эффективности естественного дренажа, повидимому, является глинистый характер отложений, слагающих край III террасы.

Для северной части долины, кроме того, затрудненность оттока грунтовых вод объясняется наличием перемычки из останцов, разделяющих долину на северную и южную части.

К настоящему времени вся III терраса долины реки Вахш характеризуется близким залеганием грунтовых вод (2—3 м и меньше). В центральных частях чашевидных понижений, а также в урочище Караланг грунтовые воды выходят на поверхность, образуя болота и соляные озера. Лишь на бортах и склонах чашевидных понижений уровень грунтовых вод обычно залегает глубже (5—7 м).

Южная часть долины отличается значительно большей естественной дренированностью, так как русло Вахша по отношению к поверхности здесь врезано на 10—15 м. Все же в период 1943—1945 гг. грунтовые воды и здесь вышли на многих массивах на поверхность, вызвав широкое заболачивание и засоление. Следует, однако, думать, что экспло-

атационные мероприятия будут особенно эффективными в смысле снижения грунтовых вод именно в южной части долины.

Высокая естественная дренированность IV и V террас, обязанная проницаемости лёссов и подстилающих их галечников, обусловливает очень глубокое положение грунтовых вод как в неорошаемых, так и в орошаемых частях этих двух террас.

Орошение в долине реки Вахш, судя по мощности агро-ирригационных отложений (2—3 м), является весьма древним. Поэтому как поверхностные отложения и рельеф, так и грунтовые воды и почвенный покров III террасы к настоящему времени являются результатами этой многовековой деятельности человека.

Ирригационные воды реки Вахш содержат до 5—7 г/л взвешенного материала и до 0.7—1 г/л легкорастворимых солей. Поступление механических наносов в долину Вахш, по подсчетам проф. И. А. Шарова, достигает 4—11 млн. м^3 в год. На 1 га выносится в среднем до 90—180 м^3 наносов. Огромное количество механических наносов, поступающих в сеть и на поля, приводит со временем к формированию не только мощных отложений, но и того характерного для долины Вахш чашечного рельефа, который известен каждому, посетившему Вахш, и который создает немало дополнительных трудностей для орошаемого земледелия долины. Обилие же в водах Вахша легкорастворимых солей превращает поливные воды в основной источник современных поступлений солей в грунты и почвы долины.

Все это находит свое подтверждение в подсчетах вероятного солевого баланса, приведенного в табл. 24.

Значительные территории III террасы реки Вахш и вся поверхность IV и V террас обнаруживают, что на них до орошения господствовал процесс рассоления почв, хотя запасы остаточных солей в глубоких подпочвенных горизонтах были довольно большими. Однако к настоящему времени процессы рассоления сохранились (и усилились) в пределах IV и V террас и лишь на ограниченной части поверхности III террасы (древний конус выносов, Привахшская зона, вдоль крупных каналов). Почвенный же покров всей III террасы в целом подвергся коренному изменению. В бессточной северной части долины, подпертой тектонической перемычкой, в чашевидных понижениях, в районах подъема грунтовых вод получили широкое развитие процессы заболачивания и засоления, вызванные особенностями водопользования, которые охарактеризованы выше. Так, если для 1913 г. инж. П. Гаевский указывал, что засоленных почв в долине реки Вахш мало, то, по данным ВИУА, в 1935 г. площадь засоленных почв и болот составляла уже 28%, а к 1944 г., по данным станции Академии Наук, 55% для северной части долины и 50% для всей III террасы.

Как можно видеть из данных табл. 25, 26, процесс прироста площади засоленных и заболоченных почв протекал исключительно интенсивно, со средней скоростью 2.7% в год.

Сильно выражены также процессы засоления почв в восточной час-

ти Октябрьского района на Заргарском массиве, на землях совхоза им. Кирова (к юго-востоку от г. Курган-Тюбе). Здесь площадь засоленных почв росла особенно быстро (табл. 27).

Таблица 25

Состояние земель нижней террасы долины реки Вахш

Типы почвы	Площадь, в га	% от общей площади
Сероземы незасоленные и слабозасоленные	21 063.9	33.29
Луговые незасоленные	656.3	1.03
Солонцеватые слабозасоленные	7 696.2	12.16
Итого незасоленных	29 416.4	46.48
Сероземы сильнозасоленные	5 894.2	9.31
Луговые сильнозасоленные	2 085.1	3.29
Солонцевато-солончаковые	1 860.2	2.94
Солончаки	17 885.0	28.30
Итого засоленных	27 724.5	43.84
Болота	3 738.9	5.90
Дороги, кишлаки и т. д	2 396.8	3.78
Всего	63 276.6	100.00

Таблица 26

Изменение засоленности почв северной части долины реки Вахш (1935—1944 гг., площадь 46 000 га)

Годы	Данные	Незасоленные почвы, в %	Засоленные почвы, в %
1935	ВИУА	72	28
1936	Сазгипровод	64	36
1944	ВПМС АН СССР	45	55

В последние годы (1940—1945) заболачивание и засоление стало сильно проявляться и на орошаемых почвах южной части долины, где констатируется подъем уровня грунтовых вод, появление болот, солончаков и выпады площадей из хозяйственного использования. Кроме этих наиболее выраженных центров широкого развития вторичного засоления в виде отдельных пятен и полос, вторичные солончаки образовались в чашевидных понижениях (днища, концы склонов) и вдоль каналов. Наконец, отметим большие массивы такырно-солончаковых почв, крайне трудных для освоения в Заргарской впадине и в южной части долины у впадения реки Вахш в реку Пяндж.

Таблица 27

Прирост площади (в га) засоленных почв в совхозе им. Кирова

Отделения	Годы		
	1933	1934	1935
I	—	—	79.24
II	—	64.0	312.52
III	24.5	312.3	560.70
Итого . .	24.5	376.3	952.46

Для почв II и I террас, как упомянуто выше, характерно естественное современное засоление.

Грунтовые воды III террасы реки Вахш отличаются пестротой, сложностью и во многих случаях высокой минерализацией. В самой северной части III террасы, сложенной галечниками, где грунтовые воды свободно циркулируют и обнаруживают отчетливый отток, их минерализация практически мало отличается от минерализации вод реки Вахш — 1—2 г/л.

Этого же типа минерализация грунтовых вод прослеживается вдоль трасс наиболее крупных ирригационных каналов.

Орошаемые территории III террасы долины (исключая концы склонов чаш) имеют также грунтовые воды пониженной минерализации, порядка 3—5 г/л. Неорошаемые массивы, обычно быстро засоляющиеся, характеризуются уже более высокой минерализацией грунтовых вод, достигающей 20 г/л. Вся дренированная зона III террасы, т. е. зона, прилегающая к руслу реки Вахш, отличается, по данным П. А. Керзума, также минерализацией в пределах от 1 до 10 г/л. Солончаковые массивы, занимающие центральные части чашевидных депрессий, имеют минерализацию грунтовых вод порядка 20—30—50 г/л.

По химизму солей долина реки Вахш относится к области сульфатно-сильнохлоридного засоления; NaCl преобладает в составе солей, и его содержание возрастает по мере увеличения степени засоления.

Почвенный покров Вахшской аллювиальной равнины в настоящий период представлен на I пойменной террасе новейшим аллювием и лугово-солончаковатыми почвами; на II террасе — солончаками, лугово-болотными и лугово-солончаковыми почвами. Для III террасы характерны орошаемые лугово-сероземные незасоленные и в той или иной степени засоленные почвы, а также широкое развитие пятнистых и сплошных вторичных солончаков в пределах нижних частей склонов чашевидных депрессий в Кафырской горловине и в Каралангском урочище. Для более дренированной части III террасы и, в особенности, для ее южной части характерно развитие плотных лугово-сероземных (солонцеватых) и такырно-солончаковых почв тяжелого механического со-

става. Наконец, IV и V террасы долины представлены светлыми незасоленными сероземами.

Таким образом, на примере долины реки Вахш мы видим, что ранние фазы зарождения и развития почвенного покрова благодаря повышенной минерализации речной воды (0.8—1 г/л) и питающему влиянию реки Вахш в отношении I и II террас характеризуются естественным соленакоплением и образованием засоленных почв.

В дальнейшем на стадии более древних (III—V) террас эволюция почвенного покрова, благодаря некоторой естественной дренированности, была направлена в сторону рассоления. Но эта дренированность оказалась не в состоянии справиться с колоссальным избыточным водозабором слабоминерализованных вахшских вод. Подъем грунтовых вод и преобладающий расход их на испарение обусловили развитие на бессточных и малосточных частях III террасы резко выраженных вторичных процессов соленакопления, с широким образованием болот, солончаков и высокоминерализованных грунтовых вод. Источниками солей явились при этом соли оросительной воды и остаточные соли нижних горизонтов почв, перемещенные с поднявшейся грунтовой водой к поверхности.

Образование, благодаря мутности поливных вод, вторичного чашевидного мезорельефа способствовало, в свою очередь, созданию местных очагов заболачивания и засоления почв в днищах чаш, имеющих близкие к поверхности грунтовые воды и являющиеся местными базисами аккумуляции грунтовых вод и солей.

Общая площадь зоны ирригации в долине реки Вахш выражается величиной 150 000 га. Из них на северную, Курган-Тюбинскую, часть долины без возвышенностей Уртабоз и Кичик-Уртабоз приходится 58 200 га, из которых орошается около 30 000 га. Площадь засоленных почв в долине реки Вахш составляет среди орошенных территорий не менее 15—20%. Всего же, по исследованиям Вахшской почвенно-мелиоративной станции, засоленных и заболоченных земель во всей долине насчитывается около 40 000 га, из которых, естественно, большая часть в настоящий период пустует.

Развитие орошения в долине реки Вахш в дальнейшем может итти за счет освоения лёссовых сероземных (просадочных) почв верхних террас и за счет освоения солончаковых и заболоченных пустующих пространств нижней террасы Освоение последних потребует в большинстве случаев строительства дренажно-коллекторных сооружений, многолетних промывок и сложной системы эксплоатационных и агротехнических мероприятий для рассоления

На основании многолетних исследований Вахшской долины Почвенно-мелиоративной станцией Академии Наук СССР Н. Д. Беспалов произвел почвенно-мелиоративное районирование III террасы долины (рис. 21). Долина разделена в этой части на ряд крупных районов.

1. Древний конус реки Вахш. Сложен галечниками, выхо-

дящими на поверхность и залегающими на глубине 0.3—0.6 м. Грунтовые воды на глубине 2—4 м. Минерализация = 1—5 г/л. Естественная дренированность очень хорошая. Мелиоративное состояние района благополучное. Необходимы противофильтрационные мероприятия на магистральных каналах (канал им. Сталина, северная ветка), редкие коллекторы для отвода грунтовых вод из чаш, а также работы по кольматажу галечников.

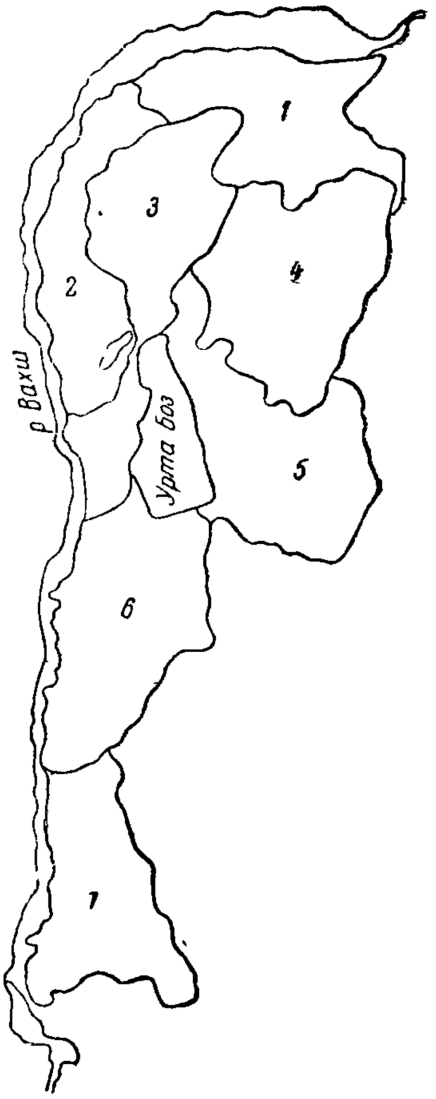


Рис 21. Почвенно-мелиоративные районы левобережья Вахшской долины (Н. Д. Беспалов): *1* — древний коиус реки Вахш *2* — Северный Привахшский *3* — Курган-Тюбинский *4* — Октябрьский; *5* — Каралаигский. *6* — Кагановичабадский *7* — Джиликульский

2. Северный Привахшский. Галечники лежат на глубине 4—8 м; грунтовые воды — глубже 3 м. Минерализация достигает 2—10 г/л. Грунтовый поток направлен к Вахшу, уклон 0.003—0.004. Мелиоративное состояние района благополучное. Солонцеватые почвы области нуждаются в специальных мероприятиях по улучшению агрофизических свойств (пескование, перегар и др.).

3. Курган-Тюбинский. Галечники лежат на глубине 6—8 м. Грунтовые воды на 30—50% поверхности лежат на глубине 0.5—3 м, в чашах выступают на поверхность. Минерализация достигает 2—5 г/л под солончаками перелогов — 20—30 г/л. Дренированность района удовлетворительная. Грунтовый поток направлен к Вахшу с уклоном 0.002—0.004. Мелиоративное состояние района сравнительно благополучное. Потери воды на фильтрацию и избыточный водозабор неблагоприятно отражаются на смежных территориях. Необходимы общее улучшение водопользования и сети коллекторов.

4. Октябрьский. Галечники лежат на глубине 6—8 м. Грунтовые воды в чашах — на поверхности, на водоразделах — на глубине 2—4 м. Минерализация пестрая — 2—10 г/л, а под солончаками достигает 30—50 г/л. Дренированность района очень слабая. Имеется слабый отток грунтовых вод в сторону Караланга с уклоном порядка 0.002. Мелиоративное состояние района очень тяжелое, что объясняется подтоком со стороны 1-го района и подпором со стороны Караланга. Необходимо коренное улучшение водопользования в смежных районах, в 4-м районе, а также сооружение развитой коллекторно-дренажной сети для снижения и отвода грунтовых вод.

5. Караланг ский. Галечники лежат на глубине 8—10 м. Грунтовые воды на площади 70—80% залегают на глубине менее 2 м. Минерализация достигает 30—50 г/л, в центральной части — 100 г/л. Естественная дренированность низкая. Район не освоен, занят сплошными солончаками. Освоение потребует сложных мелиоративных работ по сооружению дренажа и коллекторной сети, проведению оросительной сети и длительных многолетних промывок.

6. Кагановичабадский. Галечники залегают на глубине 6—8 м. Грунтовые воды на площади 80% залегают ближе 2 м, в чашевидных понижениях выступают на поверхность. Минерализация достигает 2—10 г/л, под солончаками — 20—30 г/л. Естественная дренированность удовлетворительная. Отток грунтовых вод в Вахш происходит с уклоном до 0.003. Мелиоративное состояние за последние 3—4 года сильно ухудшилось вследствие подтока со стороны Кумсынгырского канала и широкого распространения культуры риса. Необходимы противофильтрационные мероприятия на Кумсынгырском канале, общее улучшение водопользования и сооружение выборочной коллекторной сети.

7. Джиликульский. Галечники залегают на глубине 10—12 м. Грунтовые воды — 2—4 м, в депрессиях выклиниваются на поверхность. Минерализация грунтовых вод достигает 5—10 г/л, под солончаками — до 20 г/л. Естественная дренированность удовлетворительная. Мелиоративное состояние за последние 3—4 года ухудшилось вследствие нарушения водопользования, широкого распространения культуры риса и подтопления со стороны Ворошиловабадского района. Мелиоративное состояние может быть улучшено с помощью общего улучшения водопользования в районе и смежных территориях. Солончаковые массивы потребуют промывок и выборочных коллекторов-дрен.

6. Главнейшие мероприятия по борьбе с засолением в долине реки Вахш [1]

Предупреждение и борьба с засолением почв в долине реки Вахш должны итти по двум основным направлениям: 1) уменьшение поступлений в грунтовые воды и 2) активное снижение уровня грунтовых вод и организация их оттока. На базе осуществления этих двух групп мероприятий должны, кроме того, проводиться мероприятия чисто агрономического характера, связанные с севооборотом, обработкой и поливами.

Сокращение количеств слабоминерализованной оросительной воды, поступающей на поля и в грунтовые воды долины реки Вахш, должно быть достигнуто прежде всего жестким ограничением суммарного водозабора и переустройством ирригационной сети, которая отличается излишней протяженностью, сложностью и неармированностью.

[1] Согласовано с коллективом Вахшской станции АН СССР. (Научный руководитель И. Н. Антипов-Каратаев).

Необходимо осуществить ошлюзование магистральных каналов и отводных оросителей с целью создания возможности жесткого планового распределения и отпуска воды в пределах долины.

Среднегодовой водозабор для долины реки Вахш нужно установить около 13 000—15 000 м³/га. Число поливов должно быть уменьшено до 8—10, а поливная норма при этом должна быть доведена до 700—800 м³/га.

Многочисленные в северной части долины территории с пресными и близкими к поверхности грунтовыми водами (типа района Узунской МТС) должны получать уменьшенную оросительную норму и уменьшенное число поливов для повышения использования грунтовых вод.

Широко практикующийся в долине реки Вахш полив со сбросом бесконтрольно забираемой воды в низины чашевидных депрессий должен быть всемерно ограничен путем общего улучшения техники и точности поливов.

Основой осуществления этого должно быть повсеместное введение полива пропашных культур по глубоким бороздам с нарезкой последних, вследствие больших уклонов местности, по ходу горизонталей (по оптимальным уклонам).

В целях оздоровления долины и уменьшения источников питания грунтовых вод необходимо культуру риса устранить из основных районов хлопкового хозяйства.

Вновь построенные ирригационные каналы на верхней лёссовой террасе долины реки Вахш, вследствие отсутствия каких-либо мер по уменьшению фильтрации, в течение длительного периода являлись мощными источниками питания грунтовых вод на нижней террасе, способствуя их поднятию, особенно в Кафырской горловине, Караланге и Кагановичабадском районе. Подпитывание грунтовых вод со стороны каналов верхней лёссовой террасы сказалось на нижней террасе на расстоянии до 10—15 км и будет еще долго способствовать заболачиванию и засолению почв. Поэтому необходимо осуществить противофильтрационные мероприятия на участках наибольших потерь воды из каналов (верхняя часть канала им. Сталина в галечниках, каналы в лёссах).

Высокому стоянию грунтовых вод в долине реки Вахш и развитию процессов засоления способствовала недостаточность, запущенность и низкий уровень эксплоатации существующей коллекторной сети. Большая часть коллекторов не доведена до глубины, обеспечивающей необходимое снижение уровня грунтовых вод. Коллекторы часто подпираются для хозяйственных целей или подтапливаются сбросными болотами и озерами в чашевидных депрессиях.

Очередной задачей поэтому являются расчистка, углубление существующей и развитие новой сети глубоких коллекторов и дрен (2.5—3.5 м) и организация их бесперебойной круглогодовой работы, с тем чтобы обеспечить эффективность промывок солончаков при освоении

земель, а также осушение болот в чашевидных низинах и отвод минерализованных грунтовых вод. Особенно необходимо эффективное дренирование Кафырской горловины и Каралангской низины, откуда засоление постепенно распространяется на прилегающие районы.

Одним из важнейших мероприятий в долине реки Вахш является разбивка и закрепление полей в хозяйствах с целью изжития остатков переложного земледелия, а также введение правильных хлопково-люцерновых севооборотов. До последних лет в долине реки Вахш площадь люцерны была совершенно недостаточна и севообороты практически отсутствовали.

Столь же необходимой мерой смягчения наземного климата и понижения уровня грунтовых вод будет планомерное развитие лесонасаждений вдоль ирригационных каналов и по коллекторам.

7. Древнеаллювиальная равнина долины Аму-Дарьи (Чарджоу-Фарабский оазис)

Древнеаллювиальная равнина реки Аму-Дарьи в ее среднем течении представляет пример ландшафта, находящегося под непосредственным питающим воздействием реки, продолжающей еще откладывать новейший аллювий на поверхности равнины. С другой стороны, древняя аллювиальная равнина Аму-Дарьи интересна также и тем, что почти на всем ее протяжении она характеризуется развитием современных процессов естественного засоления.

Ирригационные оазисы, расположенные на поверхности Аму-Дарьинской аллювиальной равнины, таким образом, находятся в условиях, способствующих развитию засоления орошаемых почв. Долина Аму-Дарьи, пересекает ряд тектонических повышений и гряд древнего дочетвертичного рельефа, образуя озеровидные расширения с поперечником до 12—14 км и суженные части долины, носящие характер ущелий в распиленных грядах (Б. М. Георгиевский). Сужения несомненно создают известный подпор грунтовых вод долины, имеющих и без того затрудненный сток.

Имея ясно выраженную асимметрию, Аму-Дарьинская аллювиальная равнина наибольшее развитие получает в своей левобережной части, ширина которой достигает 14 км (район Чарджоуского оазиса).

Правобережная часть равнины развита значительно слабее, хотя отдельные части ее также имеют пространства шириной до 10 км.

Аллювиальные наносы, слагающие Аму-Дарьинскую равнину, представлены стально-серыми песками, перекрытыми на значительном пространстве суглинистыми отложениями и кое-где глинами Аллювиальные отложения вложены в глубоко размытую поверхность третичных и меловых толщ.

Третичные отложения, являющиеся коренным ложем, в которое вложена Аму-Дарьинская аллювиальная равнина, представлены, по данным Б М Георгиевского, «толщей желтовато-серых и желтых песков и рых-

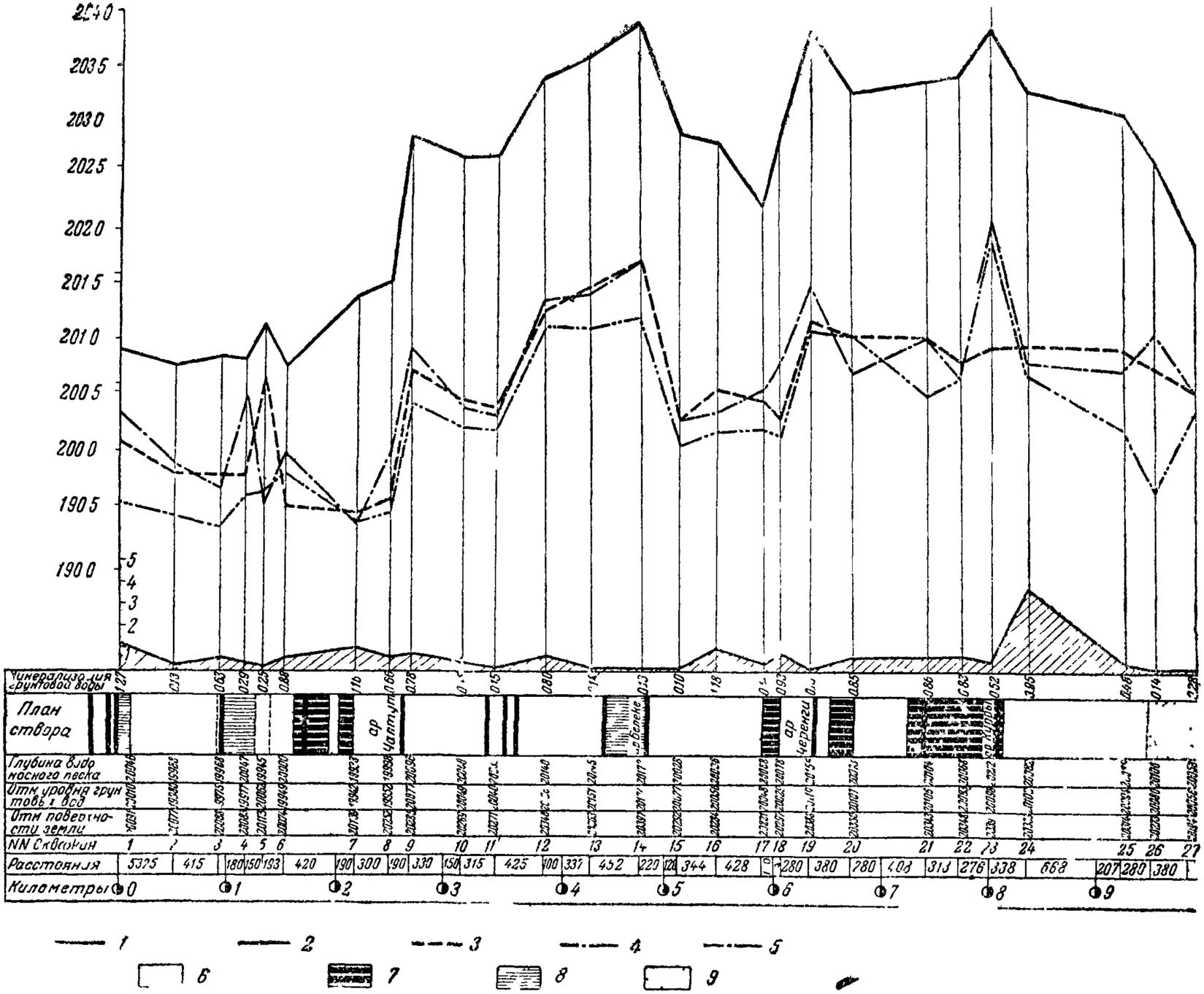


Рис. 22. Схема подпора и питания грунтовых вод Чарджоуского оазиса со стороны реки Аму-Дарьи:

1 — отметки поверхности почвы; *2* — минерализация грунтовой воды по Cl (г/л); *3* — отметки уровня грунтовых вод 15/VII; *4* — отметки уровня грунтовых вод 1/IX, *5* — глубина водоносного песка, *6* — культурные земли, *7* — солончаки залежей, *8* — луговые солончаки *9* — пески; *10* — арыки.

лых песчаников, перемежающихся с многочисленными неправильными слоями, линзами плотных, красновато-бурых мергелистых глин...; в песках залегают неправильно повторяющиеся прослои гальки, древы, мергелистых глин». Во многих случаях третичная толща в основном представлена песками, лишь с редкими прослойками глин. В других случаях преобладают глины, а иногда известняки.

Прилегающие к долине кызыл-кумские и кара-кумские пески подвергнуты значительной эоловой переработке, с образованием вторичного рельефа. Вдоль правого и левого берега реки прослеживаются цепи останцовых хребтов, сложенных третичными и меловыми толщами. Эти останцовые бугры сложены чередующимися пластами глин, рыхлого известнякового песчаника, конгломератами.

Наиболее крупное озеровидное расширение левобережной части Аму-Дарьинской аллювиальной равнины прослеживается примерно от аулов Кызан, Чакич, район которых представлен большим количеством останцов, до аула и озера Ильман-кая и аула Ильджик, где это расширение сходит на-нет и русло Аму-Дарьи стеснено с обеих сторон толщами коренных отложений. Это обширное озеровидное расширение занято известным Чарджоуским оазисом. Длина этого расширения около 180 км и наибольшая ширина 12—14. Общая площадь левобережной части около 153 000 га. В правобережной части равнины на пространстве шириною до 10 км наиболее крупными ирригационными оазисами являются Фарабский и Бурдалыкский.

Аму-Дарьинская древняя аллювиальная равнина представлена двумя террасами. I терраса, пойменная, характеризуется гривисто-грядовым рельефом и продольными депрессиями, ориентированными параллельно руслу реки. II терраса возвышается на 1.5—2 м над поверхностью поймы и имеет, кроме общего уклона вниз по течению реки, уклон от русла реки к коренным берегам, окаймляющим равнину.

II терраса имеет довольно сложный, сглаженный мезорельеф, представленный сетью древнерусловых депрессий и понижений, перемежающихся со сглаженными повышениями вдоль древних каналов.

Гидрографическая сеть Аму-Дарьинской аллювиальной равнины представлена рекой Аму-Дарья. В местах озеровидных расширений река имеет несколько частных русел; в узких местах ширина реки доходит до 150—250 м. Средний годовой расход Аму-Дарьи в районе ее среднего течения, по данным Керкинского поста, равен 2010 м³/сек.

Обильная сеть крупных ирригационных каналов является вторым элементом гидрографии равнины. Большая часть ирригационных каналов приходится на левобережную часть равнины. Низкое положение II древней террасы по отношению к уровню Аму-Дарьи создает условия, при которых последняя периодически питает грунтовые воды равнины или затрудняет их сток в реку (рис. 22).

По расчетам Цинзерлинга, потери Аму-Дарьей между Керками и Нукусом через фильтрацию на питание грунтовых вод аллювиальной

равнины достигают 7% ее среднегодового расхода, или около 3800 млн. м³ в год, что составляет около 0.05 м³/сек на 1 пог. км реки. При средней ширине русла реки 10 км поступления со стороны реки составляют примерно 1500 м³/га. Питающее влияние Аму-Дарьи прослеживается на 0.5—2 км. На ряде мест, однако, можно видеть отток грунтовых вод в реку.

Вторым источником питания грунтовых вод аллювиальной равнины являются избыточные ирригационные воды. По подсчетам Цинзерлинга, в год в грунтовые воды поступает до 2160 млн. м³ фильтрационных вод, составляющих около 30% общего водозабора на ирригацию (7840 млн. м³).

Наконец, третьим фактором питания грунтовых вод равнины являются сбросные озера и разливы. Эта доля, по подсчетам Цинзерлинга, составляет около 1200 млн. м³. Грунтовые воды Аму-Дарьинской аллювиальной равнины залегают на небольшой глубине, весною и летом в большинстве случаев между 1—2 м. Залегание грунтовых вод осенью и зимой глубже 2 м (по данным А. Т. Морозова) характерно для значительной площади. На понижениях и равнинных участках грунтовые воды лежат чаще всего на глубине 0.5—1 м, выходя даже на поверхность. Таким образом, в летнее время на всей территории равнины капиллярная кайма, сопровождающая зеркало грунтовых вод, выходит на поверхность почвы.

Атмосферные осадки при подобном сочетании условий должны являться также мощным фактором питания грунтовых вод. По подсчетам Цинзерлинга, атмосферные осадки в долине Аму-Дарьи составляют львиную долю поступлений в грунтовые воды, выражаясь величиной до 6400 млн. м³. Однако атмосферные осадки не могут вносить каких-либо заметных количеств легкорастворимых солей. Соли поступают в грунтовые воды Аму-Дарьинской аллювиальной равнины с избыточными поливными и фильтрационными водами, которые будут, исходя из данных Цинзерлинга, составлять около 6000 млн. м³ в год.

Эти громадные поступления обусловливают характерный для Чарджоуского оазиса высокий уровень залегания грунтовых вод. В обстановке экстрааридного климата, характеризующегося среднегодовой температурой — около 15—16°, ничтожной величиной атмосферных осадков — около 113—120 мм/год, и колоссальным испарением — около 1500—1600 мм, а по некоторым данным — около 2500 мм, поступления поливных, фильтрационных и ирригационно-сбросных вод в преобладающей части балансируются ежегодным расходом их на испарение и транспирацию.

Если принять, что минерализация аму-дарьинской воды равна 0.4—0.5 г/л, то при поступлении в грунтовые воды равнины 6000 млн. м³ воды в год годовой приход легкорастворимых солей выразится величиной порядка 2 400 000—3 000 000 т. Кроме того, по расчетам Цинзерлинга, поливная вода, в свою очередь, дает до 2.5 т солей на 1 га ежегодно.

В соответствии с описанным общим водно-солевым режимом Аму-Дарьинской аллювиальной равнины для нее характерно господство современных процессов засоления, что проявляется как на грунтовых водах, так и на почвах. Конечно, многовековая ирригация внесла в этот процесс значительные особенности. Так, в большинстве случаев на освоенных территориях преобладают незасоленные и слабозасоленные поливные почвы, и грунтовые воды имеют минерализацию меньше 5 г/л. Но солончаковые пятна, особенно на перелогах, характеризуются уже минерализацией грунтовых вод 20—40 г/л. Массивы же сплошных пухлых и корковых солончаков имеют грунтовые воды с минерализацией до 150—200 г/л.

Воды Аму-Дарьи по составу растворенных в них солей являются хлоридно-сульфатными. В солончаковых же почвах хлориды натрия преобладают над другими легкорастворимыми солями; их доля в составе солей возрастает с увеличением общей суммы легкорастворимых солей. Эта закономерность впервые была установлена Н. А. Димо и Ю. А. Скворцовым.

Аму-Дарьинская аллювиальная равнина в течение многих столетий находится под влиянием ирригационной деятельности человека, и современный рельеф и почвообразующие породы являются, строго говоря, образованиями вторичными, культурно-ирригационными. Поэтому как процесс формирования рельефа и отложений почвообразующих наносов, так и собственно почвообразование теснейшим образом связаны и определяются в последние столетия факторами ирригации.

Древние ирригационные массивы, находящиеся в культуре и сейчас, являются наиболее опресненными и плодородными. Массивы пустующие, заброшенные быстро начинают засоляться с поверхности, а последнее влечет за собой быстрое увеличение минерализации грунтовых вод.

Естественный почвообразовательный процесс с первых моментов отложения новейшего аллювия направлен в сторону развития луговых и лугово-солончаковых почв. Соленакопление, по исследованиям Неуструева и Никитина, резко проявляется уже в первые год-два. С возрастом суши аллювиально-луговые, тугайные почвы, имевшие вначале пресные или мало минерализованные грунтовые воды и сами опресняемые ежегодными паводками, постепенно начинают, по мере роста суши и обсыхания, все больше засоляться. Лугово-тугайный ландшафт сменяется солончаковым. Наиболее древние пониженные части суши аллювиальной равнины имеют уже солончаковый почвенный покров.

Ирригация, вмешиваясь в направление почвообразовательного процесса, дает особую разновидность культурно-поливных староорошаемых почв с однородным строением почвенного профиля и слабой засоленностью. Однако всякое ухудшение агротехники, недостаток поливной воды при характерной для поливных почв близости уровня грунтовых

вод всегда вызывают в этих почвах резкое проявление процессов засоления и понижение их плодородия.

Соответственно случаи сильного роста засоленности орошаемых почв наблюдаются обычно на участках низкой агротехники и, главным образом, на повышениях микрорельефа. Однако слабая засоленность и незасоленность орошаемых почв поддерживается лишь с помощью невысокого коэффициента земельного использования (0.40—0.50), а также применением 4—5 вегетационных поливов повышенными нормами.

Во многих случаях поливы не могут остановить сезонное засоление орошаемых почв к осени. Поэтому для подготовки почв к очередному вегетационному периоду в настоящее время примерно на 50—75% хлопковой площади необходимо применение профилактических поливов или промывок с целью регулирования солевого режима.

В случае прекращения культуры и поливов забрасываемые угодья и почвы подвергаются быстрому засолению. Поэтому большинство пустующих переложных внутриоазисных земель здесь в той или иной степени засолено.

По исследованиям Ю. А. Скворцова, почвенный покров I террасы в чарджоуской части Аму-Дарьинской равнины представлен влажнолуговыми, болотными и лугово-солончаковыми тугайными почвами, характеризующимися поверхностным слабым засолением и пресными и маломинерализованными грунтовыми водами, лежащими не глубже 2 м (рис. 23). Близость грунтовых вод позволяет широко использовать почвы I террасы под так называемое каирное (т. е. неполивное) земледелие. На поверхности I террасы среди луговых почв обнаруживаются отдельные массивы слабовзрыхленных и лишенных растительности серых песков.

Поверхность II террасы, благодаря многовековой культуре, способствовавшей отложению вдоль каналов и на полях ирригационных наносов, имеет иногда явно выраженный уклон как к реке, так и к периферии террасы. Повышенные части II террасы сложены преимущественно суглинистыми скрытослоистыми ирригационными наносами, лежащими на серых речных песках. Почвенный покров здесь представлен незасоленными и слабозасоленными плодородными культурно-поливными почвами, имеющими грунтовые воды на глубине около 2 м. Эти пространства перемежаются с культурно-поливными почвами, имеющими очень мощный, до 3 м, ирригационный нанос, подстилаемый песками, вмещающими грунтовые воды на глубине 2—3.5 м. Депрессии, расположенные по контакту II террасы и краю песчаной пустыни, сложены аллювиальными тонкослоистыми пылевато-суглинистыми и глинистыми отложениями, лежащими также на песках. Эти пространства заняты различными вариантами солончаковых почв и солончаков, иногда такыров. Наиболее глубокие из депрессий часто заняты сбросными и озерными водами.

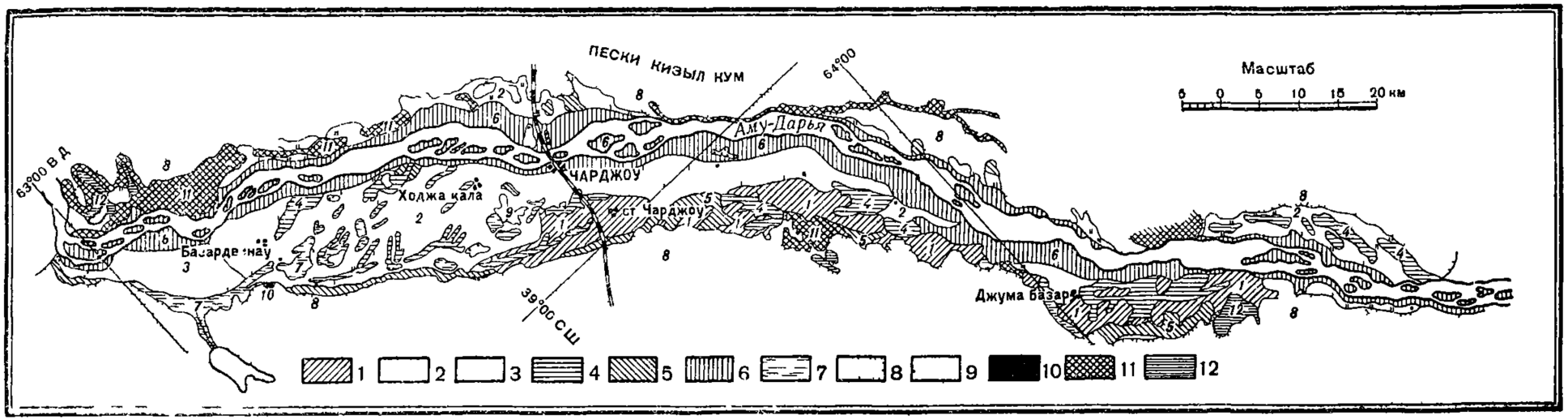


Рис. 23 Почвы древнеаллювиальной равнины реки Аму Дарьи (Ю А Скворцов) Условные обозначения

1 культурно поливные, незасоленные и слабозасоленные почвы Опресненные грунтовые воды на глубине 2 3 5 м *2* — то же, слабоминерализованные грунтовые воды на глубине 2 м *3* — культурно-поливные в комплексе с солончаковыми луговыми почвами, слабоминерализованные грунтовые воды на глубине 0 5 1 м *4* солончаки и солончаковые почвы, минерализованные грунтовые воды на глубине 2 3 5 м *5* — солончаки и лугово солончаковые почвы, слабоминерализованные грунтовые воды на глубине менее 2 м *6* — влажнолуговые и лугово солончаковые тугайные почвы пылевато суглинистого состава на глубине 30 100 см серый речной песок, слабоминерализованные грунтовые воды залегают не глубже 2 м *7* — солончаки и лугово солончаковые почвы выравненных низин, заливаемых сбросными водами *8* — пески Кара Кум и Кызыл Кум *9* — пески аму-дарьинские *10* — выходы красноватых тонкослоистых глин с большим содержанием гипса *11* останцы коренных пород, покрытые каменистыми гипсированными сероземами *12* — пухлые и корковые солончаки на песках с близкими сильноминерализованными грунтовыми водами

Кара-кумская и Кызыл-кумская пустыни покрыты однообразными грязножелтыми песками.

Развитию солончаковых процессов в Аму-Дарьинской аллювиальной равнине несомненно способствует ее прерывистое общее строение. Перемычки из древних коренных пород, замыкающие вниз по течению озеровидные расширения аллювиальной равнины, ухудшают общий сток грунтовых вод, способствуют их накоплению и подъему к поверхности и общему усилению процессов засоления.

Сопоставляя Аму-Дарьинскую аллювиальную равнину с Зеравшанской и Ангрен-Чирчик-Келесской, можно видеть огромное различие в их физико-географических условиях и в суммарном их водно-солевом режиме и балансе, определяющем различия в ходе процессов соленакопления и проявлении процессов засоления при орошении.

Первая, в отличие от второй и третьей, сложена не галечниковыми и гравийными, легкопроницаемыми для грунтовых вод породами, а тонкозернистыми песками и суглинками, затрудняющими общую циркуляцию грунтовых вод. Речная магистраль в ней не дренирует, как это характерно для долин Зеравшана, Агрен-Чирчика и даже Вахша, а питает грунтовые воды на всем протяжении равнины. Наконец, воды реки Аму-Дарьи отличаются почти вдвое большей минерализацией (0.3—0.5 г/л) от рек Зеравшан, Чирчик, Ангрен (0.15—0.3 г/л).

В сумме эти три обстоятельства определяют господство процессов рассоления в Ангрен-Чирчик-Келесской и Зеравшанской равнинах и естественное сильновыраженное соленакопление в грунтовых водах и почвах Аму-Дарьинской аллювиальной равнины, которое усиливается при недостатках эксплоатации и поливов и ухудшении агротехники.

8. Главнейшие мероприятия по борьбе с засолением в Чарджоуском оазисе

Согласно материалам Чарджоуского опытного поля СоюзНИХИ, установлено, что мелиоративное состояние Чарджоуского оазиса за последний период значительно ухудшилось как в смысле подъема уровня грунтовых вод, так и увеличения степени засоления. Анализируя причины этого явления, СоюзНИХИ считает, что катастрофический подъем уровня грунтовых вод произошел в оазисе после введения самотечной подачи воды. До этого периода в Чарджоуском оазисе существовал чигирный способ подачи воды из глубоких каналов. Оросительные каналы периодически дренировали грунтовые воды, а чигирная подача воды обусловливала экономное водопользование и низкие поливные нормы (в два-три раза меньше настоящих).

Реконструированная сеть каналов проходит в насыпях, интенсивно питая грунтовые воды за счет фильтрации. Самотечная вода в каналах позволила увеличить водозабор. В отдельные годы подача воды брутто достигала величин 18 000—20 000 м³/га. Возможно и необходимо в

дальнейшем ограничить водозабор в головах каналов величиной не более 12 000—13 000 м³/га.

Отрицательную роль в Чарджоуском оазисе сыграли также злоупотребления предпосевными и подпитывающими поливами, которые часто даются без всякой надобности. Выполняя правила агротехники, выдерживая сроки обработки и правильно применяя зимние профилактические поливы, при ранних сроках посева, можно в значительной мере избежать предпосевных и подпитывающих поливов.

Практика применения промывок в Чарджоуском оазисе также требует коррективов. До настоящего времени промывки даются весной, а не зимой и осенью, зачастую на поля не вспаханные, не спланированные и без учета степени засоленности и близости грунтовых вод. По данным СоюзНИХИ, в преобладающей части Чарджоуского оазиса для промывок достаточно давать лишь около 2000 м³/га, для поливов же — около 5000 м³/га, с тем, что суммарный расход воды нетто за вегетационный и зимний периоды будет выражаться цифрой около 7000 м³/га. Между тем до настоящего времени оросительные нормы нетто достигают 8000—12 000 м³/га.

То же следует сделать и в отношении люцерны. Люцерна, как правило, получает по всем видам поливов до 13 500 м³/га, в то время как по данным СоюзНИХИ на преобладающей части территории можно ограничиться величиной 7000—7500 м³/га.

Предлагаемые СоюзНИХИ мероприятия несомненно отзовутся плодотворно на снижении уровня грунтовых вод и на постепенном уничтожении сбросных озер и болот.

Проведение в Чарджоуском оазисе промывок в весенние сроки и повышенными нормами приводит к тому, что к моменту начала сельскохозяйственных работ уровень грунтовых вод остается на глубине менее 70—100 см, переувлажняя пахотный слой и не допуская возможности нормального проведения сельскохозяйственных работ. В итоге пропускаются лучшие сроки обработки и посевов. Легкорастворимые соли при этом вынужденном выжидании физической спелости почвы подтягиваются вверх и вновь концентрируются в пахотном горизонте почвы.

Рационализация проведения промывок путем перенесения их сроков на осень и зиму, а также сокращение норм воды при одновременном ограничении числа поливов за вегетационный период позволят в значительной степени снизить грунтовые воды и улучшить мелиоративное состояние оазиса.

Учитывая специфическое строение грунтов Чарджоуского оазиса, в которых, как правило, имеются подстилающие на глубине средне- и мелкозернистые пески, можно ожидать, по данным СоюзНИХИ, что опускание грунтовых вод на 40—50 см глубже поверхности песчаных горизонтов прекратит капиллярный подъем соляных растворов к поверхности почвы, а это, в свою очередь, ослабит, либо прекратит полностью процессы засоления почв.

Однако этих эксплоатационных и агротехнических мероприятий будет недостаточно для полного оздоровления Чарджоуского оазиса. Подпитывание Аму-Дарьей грунтовых вод оазиса, большая фильтрация из сети ирригационных каналов будут поддерживать высокий уровень грунтовых вод и естественную склонность Аму-Дарьинской аллювиальной равнины к засолению почв и грунтовых вод. Поэтому наряду с проведением охарактеризованных выше мероприятий должны быть проведены мероприятия по поддержанию в рабочем состоянии существующей коллекторной сети, а при широком новом освоении пустующих солончаковых земель сеть коллекторов должна быть расширена и дополнена локальными дренами. Особое значение сеть коллекторов и дрен должна иметь для снижения уровня грунтовых вод, рассоления и освоения периферических частей оазиса, расположенных в депрессиях и вблизи болот.

9. Ферганская пролювиально-аллювиальная равнина (Ферганская долина)

Ферганская пролювиально-аллювиальная равнина занимает обширную территорию, вытянутую по наибольшей оси в широтном направлении вдоль реки Сыр-Дарья от места ее образования (слияние рек Нарын и Кара-Дарья) на востоке до Ферганских ворот на западе. Наибольшая длина равнины с запада на восток достигает примерно 300 км, наибольшая ширина — 60—70 км. На западе у Ленинабада (Ходжента) ширина долины уменьшается до 8—9 км. Климат Ферганской долины позволяет возделывать египетский хлопчатник: среднегодовая температура 14—15°, среднегодовое количество атмосферных осадков 90—220 мм.

Генезис Ферганской долины чрезвычайно сложен. Так же сложен ее водный и солевой режимы. Ферганская долина представляет пример древнейшего очага орошаемого земледелия, где сочетаются процессы соленакопления в почвах периферических областей субаэральных дельт и аллювиальных террас с рассолением староорошаемых массивов, причем все это в высшей степени изменено и осложнено длительной историей орошения.

Ферганская пролювиально-аллювиальная долина вложена в обширную, почти замкнутую тектоническую депрессию, окаймленную на северо-западе Кураминским, на севере Чаткальским, на востоке Ферганским, на юге Алайским и на юго-западе Туркестанским хребтами. К западу от меридиана Исфары Ферганская аллювиальная равнина замыкается северными отрогами Туркестанского хребта, хребтом Мегол-тау, горными грядами Ак-чоп, Ак-бель, Супе-тау, переходящими на левый берег Сыр-Дарьи, где они образуют Испаринскую и Дигманскую возвышенности. Группа западноферганских горных сооружений и возвышенностей как бы перегораживает Ферганскую долину и, образуя Бего-

ватские пороги, подпирает реку Сыр-Дарья, затрудняя ее сток. Эта суженная и подпертая в отношении стока вод западная часть Ферганской долины является вполне самостоятельным природным районом, склонным к развитию сильного естественного засоления. В дальнейшем описании этот район назван Западной Ферганой. Границы его на востоке уходят к сухой дельте реки Исфара.

Ферганская равнина окаймлена с севера и особенно с юга зоной сросшихся конусов выноса и субаэральных дельт, наложенных на аллювиальные террасы реки Сыр-Дарьи. Внешним краем Ферганской долины является зона так называемых адыров и невысоких предгорных гряд, сложенных породами неогенового и древнечетвертичного возраста (чаще всего конгломератами) и являющихся нижними ступенями гор, окаймляющих Фергану.

Ферганская пролювиально-аллювиальная равнина представляет собой область резко выраженного асимметричного строения долины. Полное развитие всех элементов геоморфологии в долине свойственно ее левобережной южной части, в 2—3 раза более широкой, чем правобережная часть. Правобережная часть Ферганской пролювиально-аллювиальной равнины имеет сокращенное число террас и представлена, главным образом, высокой древней лёссовой террасой реки Сыр-Дарья с причлененной к ней зоной конусов выноса и сухих дельт.

I надпойменная терраса, называемая обычно тугайной, приподнята над уровнем реки на 1.5—2 м. Ее ширина достигает 3—4 км. Она сложена, по данным А. Н. Розанова, легкими и средними суглинками, лежащими на речных песках и галечниках. Этой террасе свойствен поемный мезорельеф, слагающийся из стариц и русловидных депрессий, занятых тростниковыми болотами и перемежающихся с ними равничных пространств.

II терраса уступом в 3—5 м возвышается над поверхностью I террасы. Она слагается аллювиальными суглинистыми и глинистыми, слоистыми отложениями, перемежающимися с прослойками глин и супесей. В основании II террасы, сложенной песками и гравелисто-галечниковыми отложениями, вверх по течению Сыр-Дарьи и особенно в зоне Кара-Дарьи на востоке, значение галечников, проницаемых для грунтовых вод пород, сильно возрастает. В Центральной и в Западной Фергане II терраса сложена преимущественно суглинистыми и глинистыми, трудно проницаемыми породами.

Большая часть Ферганской пролювиально-аллювиальной равнины представлена пространствами этой II террасы. На всем своем громадном протяжении II терраса Сыр-Дарьи характеризуется крайне сложным мезорельефом. Наиболее характерным для последней являются громадные, параллельные Сыр-Дарье, древнерусловые впадины. Таковы Сарысуйская и Мозгильсайская древнерусловые впадины, впадины, занятые озерами Ащекуль и Дамкуль, общей протяженностью более 150 км и др. На поверхности II террасы сохранилось очень много сред-

них и мелких по размеру, вытянутых и округлых по форме древнерусловых и озерных впадин, занятых глинистыми аллювиальными озерными и соленосными отложениями.

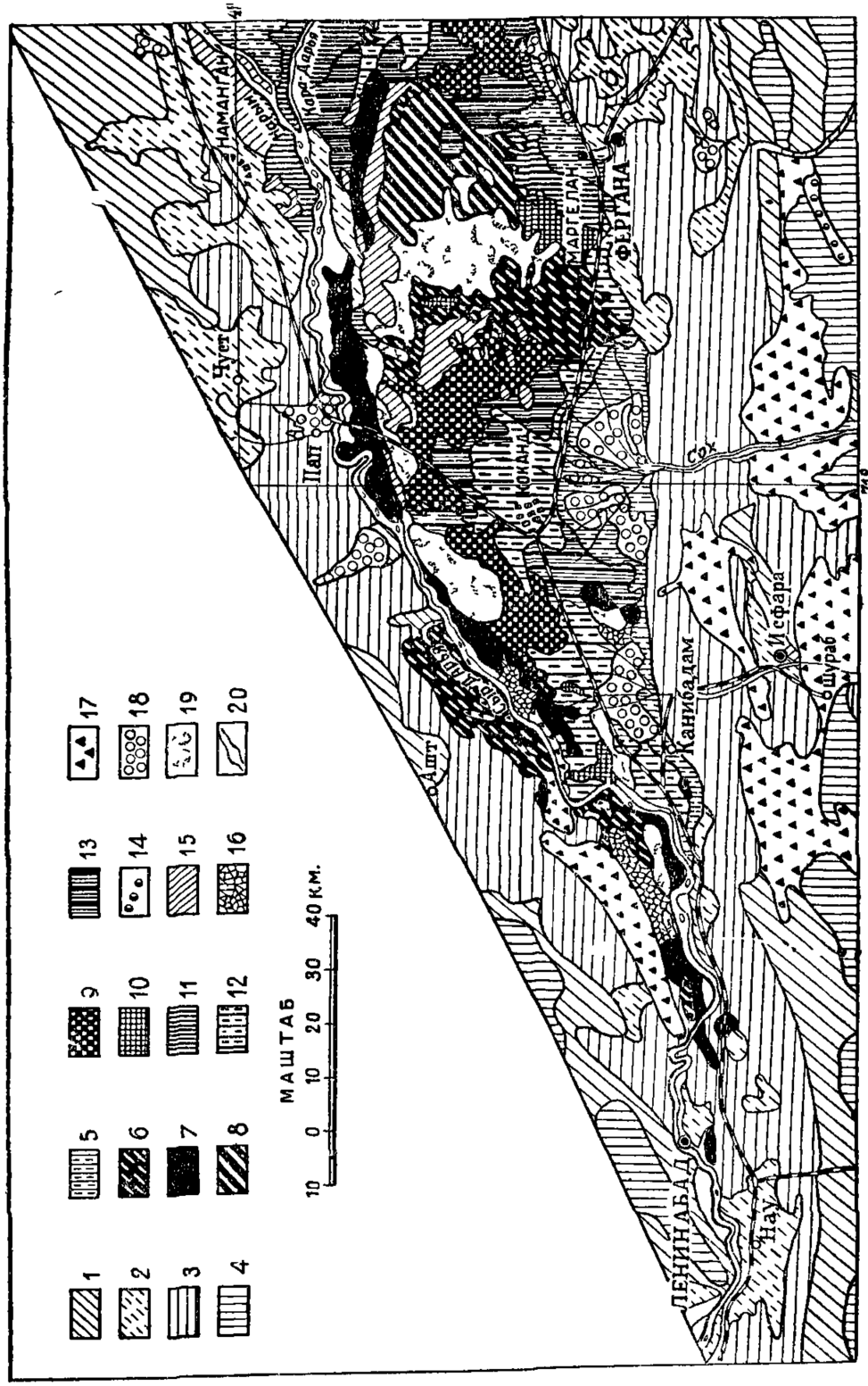


Рис. 24. Почвенная карта Ферганской долины (А. Н. Розанов). Условные обозначения:

1 — сероземы типичные тяжелые и средние пылевато-суглинистые. *2* — сероземы светлые тяжелые и средние пылевато-суглинистые. *3* — сероземы гипсоносные, сильно денудированные, каменистые, с выходами коренных пород. *4* — темные сероземы. *5* — серозе мные луговые почвы. *6* — солончаки глинистые. *7* — солончаки тяжелые и средние пылевато-суглинистые. *8* — солончаки средние и легкие пылевато-суглинистые. *9* — солончаки вторичные, тяжелые и средние пылевато-суглинистые. *10* — солончаки луговые, тяжелые и средние пылевато-суглинистые. *11* — луговые (сазовые) почвы. *12* — луговые (сазовые) солончаковатые почвы, средние и легкие пылевато-суглинистые *13* — луговые (сазовые) солончаковатые почвы и луговые солончаки глинистые. *14* — горно-луговые (субальпийские) почвы. *15* — лугово-болотные почвы. *16* — такыры. *17* — выходы коренных пород. *18* — галечниковые конусы выносов. *19* — пески бугристые и барханные. *20* — аллювиальные-луговые почвы (туган).

Центральные и некоторые западные части II террасы заняты развеваемыми древнеаллювиальными песками. Таковы пески Тал-кудук-кум в левобережной Фергане, пески Кайрак-кум по правобережью Сыр-

Дарьи в районе гор Ак-бель и Ак-чоп, а также пески Джиты-кум восточнее Кайрак-кумов, наконец, массив песков к западу от железной дороги Коканд — Наманган и некоторые другие. Развеваемые барханы и песчаные бугры часто имеют высоту до 5—8 м, а иногда и до 15—18 м.

Восточные части равнины II террасы, примыкающие к Кара-Дарье и Нарыну, сложены проницаемыми дренированными толщами галечникового аллювия, перекрытого суглинистым мелкоземом. Этот естественно-дренированный природный район, называемый в последующем Восточной Ферганой, благодаря интенсивному оттоку грунтовых вод, несмотря на близость их к поверхности, ни в какой степени не склонен к засолению.

Все остальные пространства II и I террас между Западной и Восточной Ферганой, сложенные суглинистыми и глинистыми отложениями, отличаются плохой естественной дренированностью и резко выраженной склонностью к засолению. Это усиливается еще и тем, что на этот район, называемый в дальнейшем Центральной Ферганой, налегает периферия сухих дельт и концевые части орошенных оазисов левобережья.

На II террасе часто встречаются холмы и гряды, сложенные лёссовидными аллювиально-слоистыми породами и являющиеся останцами древней III террасы. Наиболее крупным подобным останцом является урочище Бус. Судя по большому количеству этих останцов, рассеянных в различных частях II террасы, поверхность III древней террасы Сыр-Дарьи занимала обширную территорию и подверглась интенсивному размыву с полным удалением ее на значительных пространствах.

III терраса, или, как ее называют, верхняя, там где она сохранилась сплошной поверхностью, как, например, под Андижаном, возвышается над II террасой на 10—20 м. III терраса сложена слоистыми суглинистыми отложениями, перемежающимися с мелкогалечниковыми песчанистыми горизонтами. Вся толща отложений III террасы подвергалась значительному облёссованию и на расстоянии воспринимается как однородный лёсс. Поверхность III террасы разрезана долинами рек Исфара, Сох, Шахимардан, Исфайрам, Акбура и др. На значительном пространстве III терраса нацело размыта и замещена их отложениями. Наиболее полный размыв и удаление пород, слагающих III террасу, с замещением их аллювием боковых рек Ферганской долины, проявляется в районах конусов выносов и субаэральных дельт этих рек.

В случаях наиболее крупных рек — Исфара и Сох — отложения их субаэральных дельт покрывают полностью всю II террасу, доходя в своей периферии почти до Сыр-Дарьи

Правобережная часть Ферганской аллювиальной долины резко отличается от левобережной благоприятными условиями естественного дренажа и слабым развитием процессов засоления. I и II террасы здесь сжаты и представлены небольшими узкими обрывками и полосами.

III лёссовая терраса, возвышающаяся высоким уступом над рекой, получила обширное распространение вдоль всего правого берега реки. На нее, как и в левобережной части, налегают конусы выносов правобережных рек. Правобережная часть Ферганской аллювиальной равнины, таким образом, представляет, по существу, самостоятельный природный район, носящий в дальнейшем название Северная Фергана.

Общий уклон Ферганской аллювиальной равнины направлен параллельно Сыр-Дарье к западу и выражается величинами 0.001—0.002. Уклоны в области конусов выноса направлены в сторону к руслу реки Сыр-Дарья и выражаются величинами порядка 0.01—0.02.

Северная Фергана, расположенная на правом высоком берегу Сыр-Дарьи, отличается большим удельным весом территорий, подстилаемых галечниками (до 21%). Восточная же Фергана, расположенная в дренированных частях долины Кара-Дарьи, сложена легкими супесчаными галечниково-щебенчатыми суглинистыми проницаемыми грунтами (табл. 28). Значительная часть Северной и Восточной частей Ферганской долины расположена на отложениях древних и современных конусов выносов. Районы же Центральной и Западной Ферганы расположены на аллювиальных отложениях.

Большое распространение отложений многочисленных конусов выносов, окаймляющих предгорья, приводит к тому, что в механическом составе почвообразующих и подстилающих грунтов и пород Ферганы преобладает пестрота, а слоистые и галечниковые грунты составляют около 55% поверхности.

О высокой естественной дренированности Северной и Восточной Ферганы можно судить по данным табл. 29, где показано, что территории, подстилаемые галечниками на глубине менее 3 м, составляют 24—33% поверхности.

К этому нужно добавить до 16% слоистых, супесчано-суглинистых грунтов, также облегчающих отток грунтовых вод. В Западной же и Центральной Фергане территории, подстилаемые галечниками на этих глубинах, занимают не более 11—15% поверхности.

Основными реками, формировавшими Ферганскую пролювиально-аллювиальную равнину, являются Нарын, Кара-Дарья, Сыр-Дарья — основная водная магистраль долины, а также Сох, Исфара, Шахимардан и др., сбегающие с гор.

Среднегодовой расход реки Сыр-Дарья у выхода ее из Ферганы в Голодную Степь (пост Запорожский) равен 552.8 м³/сек; в пункте же слияния рек Нарын и Кара-Дарья — 484.2 м³/сек.

Ввиду того, что Сыр-Дарья на протяжении всей Ферганской долины не принимает в себя ни одного притока, эту разницу в величине расходов в размере 68.6 м³/сек. необходимо отнести на счет естественно дренируемых рекою грунтовых вод.

Таким образом, констатируется чрезвычайно важное обстоятельство. Русло реки Сыр-Дарья по отношению ко всей Ферганской аллювиаль-

Таблица 28

Характеристика грунтов Ферганы по механическому составу

(данные СоюзНИХИ)

Механический состав грунтов	Северная Фергана		Восточная Фергана		Центральная Фергана		Западная Фергана	
	га	%	га	%	га	%	га	%
Глинистые	19 484	11.3	72 432	29.3	3 989	2.2	6 416	3.9
Глинистые и тяжелосуглинистые . . .	85 903	49.8	105 643	42.8	94 033	52.7	30 809	18.5
Тяжело- и среднесуглинистые . . .	24 990	14.5	40 865	16.5	49 044	27.5	52 906	31.7
Средне- и легкосуглинистые	—	—	323	0.1	8 702	4.9	51 185	30.8
Легкосуглинистые и супесчаные	6 340	3.7	4 763	1.9	19 647	11.0	24 515	14.8
Галечниково- и хрящевато-суглинистые	35 690	20.7	23 340	9.4	3 082	1.7	528	0.3
Всего	172 412	100%	247 366	100%	178 497	100%	166 359	100%

Таблица 29

Характеристика грунтов по характеру их строения

(данные СоюзНИХИ)

Название грунтов	Северная Фергана		Восточная Фергана		Центральная Фергана		Западная Фергана	
	га	%	га	%	га	%	га	%
Однородные глинистые и суглинистые	87 571	50.8	146 510	59.2	74 069	41.5	34 263	20.7
Слоистые супесчано-суглинистые . . .	27 750	16.1	40 869	16.5	76 405	42.8	113 400	68.1
Подстилаемые галечником с глубины 0.2—1.5 м	43 391	25.2	21 697	8.8	17 274	9.7	16 013	9.6
Подстилаемые галечником с глубины 1.5—3.0 м	13 700	7.9	38 290	15.5	10 749	6.0	2 679	1.6
Всего . .	172 412	100%	247 366	100%	178 497	100%	166 354	100%

ной равнине является мощной естественной дреной. Однако дренирующее значение Сыр-Дарьи уменьшается порогами, суженностью русла и наличием тектонической перемычки, сложенной коренными непроницаемыми породами в Западной Фергане. Воды реки Сыр-Дарьи обогащают-

ся легкорастворимыми солями, проходя через Ферганскую долину. Так, у входа в Ферганскую долину сумма солей в воде Сыр-Дарьи равна 0.25—0,30 г/л, а у ст. Мельниково уже 0.36—0,40 г/л.

Выше были названы наиболее крупные реки, сбрасывающие свои воды, отложения и соли, приносимые с окружающих гор, на территорию равнины. О химизме вод этих рек можно составить себе представление по данным табл. 30 и 31, заимствованных нами у А. Н. Розанова.

Таблица 30

Химический состав речных вод (г/л) Ферганской долины

(А. Н. Розанов)

Река и место взятия пробы	Время взятия пробы	Плотный остаток	Щелочн. общая HCO_3	Cl	SO_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O
Кара-Дарья									
у Кампыр-Равата . .	VII—1912	0.28	—	0.007	—	—	—	—	—
там же	IX—1912	0.31	—	0.011	—	—	—	—	—
у Куйган-яра	1911—12	0.33	—	0.010	—	—	—	—	—
там же	1912—13	0.32	—	0.012	—	—	—	—	—
у Наср-Эддин-Абада	VII—1913	0.31	—	0.009	—	—	—	—	—
в низовьях	1926	0.30	0.154	0.015	0.051	—	—	—	—
в р-не Андижана . .	1928	0.48	0.167	0.010	0.146	—	—	—	—
Нарын, Уч-Курган	1912—13	0.28	0.198	0.008	0.070	0.058	—	—	—
Кугарт, у кишл. Джирстана	II—1913	0.27	—	0.005	—	—	—	—	—
в низовьях	1928	0.39	0.185	0.010	0.072	—	—	—	—
	1928	0.30	0.185	0.006	0.062	—	—	—	—
Араван	VII—1913	0.17	—	0.004	—	—	—	—	—
Сох	VII—1913	0.21	0.158	0.010	0.070	0.043	0.004	0.019	—
у кишл. Таджик . .	1928	0.18	—	0.006	—	—	—	—	—
Исфара, верховья . .	V—1913	0.15	0.117	0.002	0.027	0.047	0.048	0.018	0.005
у кишл. Тамга-Барух	1912—13	0.61	0.234	0.015	0.197	0.171	0.065	0.010	0.004
у кишл. Рават-Шахимардан	1928	0.26	—	0.005	—	—	—	—	—
Сыр-Дарья, у перев. Гумбаз . .	1928	0.28	0.167	0.017	0.041	—	—	—	—
в р-не ст. Мельниково	1928	0.86	0.232	0.057	0.241	—	—	—	—
там же	1917	0.40	—	0.035	0.117	0.095	0.042	0.035	0.003
у ст. Запорожской .	1912	0.39	—	0.033	0.111	0.075	0.039	0.030	0.005
там же	1913	0.40	—	0.034	0.094	0.088	0.050	0.032	0.009
Майли-сай	1928	0.19	0.087	0.009	0.030	—	—	—	—

Среднегодовой расход этих рек в сумме составляет примерно 230 м³/сек. Таким образом, огромные количества воды боковых рек (до 161.4 м³/сек) остаются в пределах Ферганской пролювиально-аллюви-

альной равнины, расходуясь на питание ее грунтовых вод, испаряясь с поверхности открытых водоемов и через почву и этим путем пополняя запасы легкорастворимых солей. К этому, как справедливо указывает А. Н. Розанов, необходимо добавить неучтенные массы подземных грунтовых вод, поступающих со стороны гор в Ферганскую аллювиальную равнину и остающихся в ней.

Таблица 31

Колебания степени минерализации речных вод Ферганской долины (в г/л)

Название реки	Среднее		
	за год	за вегетац. период	за зимний период
Нарын, у кишл. Уч-Кургана, 1913 . .	0.263	0.221	0.325
Сыр-Дарья, у ст. Запорожской . . .	0.376	0.279	0.471
Сыр-Дарья, у Казалинска, 1913 . . .	0.403	0.324	0.482
Сох, 1913	0.221	0.212	0.230
Сох, 1913. Количество Cl в мг/л . . .	3.7	4.4	3.1

Кроме рек, существенным элементом гидрографии Ферганской долины являются озера и болота. Крупных и мелких озер насчитывается около 70. Наиболее крупные озера — Ащекуль, Дамкуль, Кара-шаар — известны своей соленостью и лечебными свойствами.

Болота и озера периферии конуса реки Сох занимают полосу длиной 80—85 км и шириной до 7 км. Болотные массивы имеются также и по правому берегу Сыр-Дарьи и Нарына к юго-востоку от г. Намангана. Озера и болота особенно широко распространены в Центральной Фергане на периферии ирригационных оазисов, приурочиваясь к древнерусловым депрессиям II террасы Сыр-Дарьи. Так, например, система озер и болот Дам-куль и Ащекуль, вытянутая больше чем на 150 км, окаймляет периферию важнейших оазисов Ферганы, питаясь сбросными водами каналов Сары-су и отчасти Мазгиль-сая. Эти озера и болота осушаются специальными сбросами, которые, однако, работают не достаточно удовлетворительно.

Обширные озера и болота имеются на периферии Сохской и Исфаринской системы. Они также несколько осушены рядом больших сбросов и коллекторов, которые, однако, до русла Сыр-Дарьи не доходят.

Большие, вытянутые более чем на 100 км, болотно-озерные пространства, встречаются вдоль Мазгиль-сая, питаясь сбросными водами Шаарихан-Бостонского оазиса. Значительная заболоченность почв характерна также для поймы Кара-Дарьи.

Содержание солей в водах сбросных озер и болот не превышает 2 г/л, о чем можно судить по данным табл. 32.

Таблица 32

Химический состав вод озер и болот Ферганской долины
(данные А. Н. Розанова)

Название и географическое положение	Время	В одном литре содержится в граммах					
		Плотный остаток	Щелочн. общая HCO_3	Cl	SO_3	CaO	MgO
Болото в р-не кишл. Тиляу Кокандского р-на	IX—1915	1.144	0.169	0.084	0.475	0.150	0.155
Озеро Дамкуль (сброс в озеро Кара-Шаар)	I—1931	2.400	0.444	0.096	0.167	0.326	0.188
Там же	1929	2.380	0.452	0.097	0.158	0.324	0.175
Там же	1930	2.360	0.452	0.098	0.155	0.324	0.198

Решающим фактором гидрологической жизни Ферганской долины является ее многовековое орошение. Протяженность только одной крупной ирригационной сети исчисляется величиной около 20 тыс. км. Такие большие магистральные каналы, как Большой Ферганский, Северный и Южный Ферганские, Шаарихансай и др., тянутся на десятки и сотни километров, имеют большую пропускную способность и являются мощными факторами питания грунтовых вод.

По расчетам А. К. Хорькова, на 1939 г. при величине круглогодового суммарного испарения 6000 м³/га со всей орошаемой площади Ферганская аллювиальная равнина испаряет в год 4500 млн. м³. По этим же расчетам, суммарное поступление фильтрационных вод из каналов при характерном для ферганских ирригационных систем к. п. д.=0.5 составляло также величину 4500 млн. м³/год. Если к этому добавить фильтрационные воды, поступающие при поливах, а также со сбросных болот и озер, то можно видеть, что ирригационная деятельность человека в Фергане является в современных условиях основным фактором, определяющим уровень грунтовых вод, их минерализацию и режим.

Весьма важным фактором водного и солевого режима Ферганской пролювиально-аллювиальной равнины является довольно большая сеть построенных за последние годы крупных коллекторов (Сарысуйский, Багдатский и др.) и сеть колхозных дрен и зауров; часть из последних насчитывает многие десятилетия своего существования. Эта дренажная и коллекторная сеть далека еще от совершенства, но все же способствует отводу грунтовых вод и осушению наиболее заболоченных пространств. Однако дренажные воды в Фергане отводятся лишь на периферию оазисов или сбрасываются в низменные центральные части их, так как выхода в Сыр-Дарью коллекторы и сбросы не имеют. С дренажной водой перераспределяются значительные количества солей. По данным А. Н. Розанова, дренажные и сбросные воды Ферганы имеют минерализацию порядка 1.5—9.6 г/л. В отдельных случаях она достигает 15 г/л, оставаясь в среднем около 4 г/л. Неустойчивость химиче-

ского состава дренажных вод объясняется сбросом в дрены избыточных поливных вод, широко практикующимся в Фергане.

Сопоставляя дренажные воды с поливными водами, А. Н. Розанов устанавливает, что дренажные воды отличаются более высокой щелочностью, обязанной не столько соединениям $Ca(HCO_3)_2$, сколько преимущественно $Mg(HCO_3)_2$ и, повидимому, $NaHCO_3$. Подтверждение этому Розанов находит в том, что имеющаяся в дренажных водах щелочность, достигающая 0.4 г/л HCO_3, превышает почти в 2 раза возможную растворимость углекислого Ca при pH, свойственном водам Ферганы. Кроме того, в дренажных водах констатируется повышенное содержание Cl, превышающее в 9—10 раз его содержание в речных и поливных водах. В то же время содержание SO_4 в дренажных водах увеличивается против поливных и речных вод всего лишь в 1.2—2.0 раза. Это свидетельствует о том, что дренажными и сбросными водами выносятся, главным образом, хлористые соли, как наиболее растворимые. Отмечается также обогащенность дренажных вод Mg, что свидетельствует об интенсивном выносе хлоридов и сульфатов Mg дренажными водами (табл. 33). Сбрасываясь вместе с дренажными водами в низины Центральной Ферганы и на периферии оазисов, соли дренажных вод после испарения последних способствуют засолению этих районов за счет рассоления дренируемых верхних районов.

В соответствии с общими условиями рельефа Ферганской аллювиальной равнины, условиями питания грунтовых вод и ролью русла реки Сыр-Дарья как мощного естественного коллектора, поверхность грунтовых вод в Ферганской аллювиальной равнине имеет резко выраженный уклон от предгорьев, верхней террасы и конусов выносов к центру долины и руслу реки.

Уровень грунтовых вод на верхней террасе и в верхней части сросшихся многочисленных сухих дельт и конусов выносов рек Ферганы залегает на глубине около 15—20 м. На II террасе и на периферии этой зоны грунтовые воды приближаются к поверхности и во многих случаях выклиниваются в виде родников в зауры. Полосы районов выклинивания грунтовых вод в этих зонах имеют различную ширину, колеблющуюся от 0.5 до 4 км; так, на Сохском конусе эта полоса достигает 3—4 км.

Происхождение грунтовых вод в этих районах непосредственно связано с фильтрацией в реках и многочисленных каналах. Минерализация грунтовых вод здесь очень невелика и не превышает 0.25—0.30 г/л. В составе растворенных солей преобладают бикарбонаты и сульфаты.

В правобережной — северной — части Ферганской долины вся верхняя терраса и периферия конусов выносов рек Кара-мазар, Уттамсу, Паша-ата, Чаадак, Гава-сай, Касан-сай, Нарын смыты отклонившимся вправо руслом реки Сыр-Дарьи. Поэтому грунтовые воды здесь интенсивно дренируются непосредственно в реку. В отношении солей эта область, таким образом, является транзитной. Соленакопление есте-

Таблица 33

Химический состав заурных (дренажных и сбросных) вод Ферганской долины (А. Н. Розанов)

Название сброса заура	Время взятия пробы	В 1 л содержится в граммах			
		Плотный остаток	Щелочн. общая HCO_3	Cl	SO_4
Сбросный арык в окрестности кишл. Яз-явана	1931	6.46	0.419	0.249	3.572
То же в р-ие кишл. Кара-Тепе	II—1931	3.47	0.364	0.083	2.985
Заур в р-не кишл. Кызыл-Мазар	III—1931	9.65	0.485	0.356	5.162
Кишл. Айракчи	III—1931	1.60	0.320	0.033	0.090
В р-не кишл. Кызыл-Аяк	III—1931	8.86	0.562	0.217	4.694
Сары-су у моста по дороге Гут-тепе — Яз-яваи, заур	IX—1928	1.60			
Кишл. Бахмаль Кокандского р-на	X—1915	0.48	0.213	0.013	0.156
Сбросные болота у кишл. Тоячи Кокандского р-на	IX—1915	1.14	0.169	0.084	0.475
Заур кишл. Киалы Кокандского р-на	IX—1915	3.29	0.302	0.149	1.513
Заур кишл. Ишан Шариханского р-на	X—1915	1.68	0.352	0.051	0.713
Заур у г. Шарихан	X—1915	3.49	0.580	0.079	1.664
Заур у репера № 34	1931	6.46	0.419	0.249	3.542
Река Сары-су	1928	15.60	0.270	2.350	3.763

ственное и вторичное здесь почти не выражено. Отмечается лишь скопление в грунтах зоны выклинивания карбонатов кальция, с образованием шоха, иногда гипсов.

Пространства II террасы Ферганской долины, сложенные, как мы писали выше, аллювием Сыр-Дарьи и Кара-Дарьи и перекрытые по южному краю периферическими частями субаэральных дельт и конусов выносов, характеризуются сравнительно близким залеганием к поверхности грунтовых вод, в среднем на глубине 2—3—6 м.

Материалы М. А. Шмидт и Ф. И. Воронова показывают, что и в этом районе грунтовые воды имеют общее направление к Сыр-Дарье. Однако сложный характер поверхности грунтовых вод II террасы обнаруживает существование местных направлений в движении грунтовых вод в стороны к периферии конусов выноса и, в частности, в межконусные пространства. Здесь обычно грунтовые воды лежат несколько глубже (2—5 м), чем в питающей их периферии конусов выноса, характеризующейся, как мы отметили выше, выклиниванием грунтовых вод и залеганием их на глубине 0—2 м.

Массивы песков, расположенные крупными пятнами на поверхности II террасы, имеют, по тем же данным, грунтовые воды на глубине 2—7 м. Древнерусловые, озерные, сбросные, а также шоровые депрессии имеют равным образом близкие к поверхности грунтовые воды на глубине 0—1.5 м.

Питание грунтовых вод II террасы осуществляется:

а) со стороны конусов выносов,

б) за счет фильтрации через ирригационные каналы и на полях,

в) сбросными водами,

г) атмосферными осадками.

Несмотря на наличие известного оттока грунтовых вод в русло реки Сыр-Дарья, мелкоземистый гравелистый характер вмещающих грунтовые воды осадочных пород и, в особенности, наличие в них массивов, сложенных тяжелыми глинами, весьма затрудняет отток. Поэтому грунтовые воды II аллювиальной террасы Ферганской равнины и залегают на небольшой глубине от поверхности.

Основным регулятором режима грунтовых вод II террасы, управляющим запасом и минерализацией грунтовых вод, служит в этих условиях расход их на испарение и транспирацию. Соответственно этому II терраса аллювиальной равнины в пределах Центральной и, особенно, Западной Ферганы является огромным испарителем собирающихся в ней грунтовых, сбросных и дренажных вод, что ведет к резко выраженной аккумуляции легкорастворимых солей. Минерализация грунтовых вод II террасы поэтому чрезвычайно велика. Здесь часто встречаются грунтовые воды с содержанием легкорастворимых солей до 10—20—30 г/л. Под массивами неорошаемых солончаков и, в особенности, на солончаках межконусных пространств, на шоровых солончаках минерализация грунтовых вод поднимается до 40—80 г/л и даже выше. Однако, вследствие того, что II терраса Ферганской аллювиальной равнины в заметной степени дренирована глубоко врезанным руслом Сыр-Дарьи, что обеспечивает отток части грунтовых вод, состав солей, накопляющихся в грунтовых водах, в отличие от большинства других районов засоления, является даже при максимальных минерализациях не сульфатно-хлоридным, а сульфатным. Общий сульфатно-магниево-натриевый характер минерализации грунтовых вод II террасы Ферганской аллювиальной равнины нарушается в ее западных частях в районе урочища Бус, а также в северо-западной, наиболее пониженной части террасы. Здесь встречаются грунтовые воды сульфатно-хлоридного засоления.

Орошение сильно меняет естественный состав и количество солей в грунтовых водах. По данным А. Н. Розанова, сумма солей в грунтовых водах орошаемых районов Центральной Ферганы значительно снижена и колеблется в пределах 0.2—13.6 г/л и в среднем составляет около 2 г/л, с подавляющим преобладанием сульфатов над другими солями.

В сравнении с поливными водами грунтовые воды, таким образом, содержат солей в 2—3 раза больше. Отношение между ионами при этом, однако, сохраняется, что свидетельствует о том, что грунтовые и поливные воды генетически связаны.

Наиболее пресные воды отмечены Розановым для центральных частей оазисов, имеющих известный отток грунтовых вод, которые за длительную историю орошения опреснены до 1 г/л и меньше.

Сезонные колебания минерализации грунтовых вод в староорошаемых рассоленных частях оазисов практически не выражены. В засоленных же почвах на неорошаемых участках сезонные колебания минерализации грунтовых вод достигают иногда, по данным Розанова, около 50%. Последнее объясняется испарением наиболее минерализованных верхних слоев грунтовой воды в летний период. При подъеме уровня грунтовых вод зимой и весною происходит растворение легкорастворимых солей почвы и увеличение минерализации грунтовых вод.

Наивысшее содержание легкорастворимых солей характерно для грунтовых вод солончаков, в которых оно доходит до 100—150 г/л (табл. 34). Лишь в редких случаях под солончаками констатируются опресненные грунтовые воды.

По условиям образования, динамики и минерализации грунтовых вод А. Н. Розанов дает следующую характеристику основных районов Ферганы.

а) Районы устойчивого орошения

Расположены в центральных частях оазисов, обеспеченных достаточным количеством поливной воды, имеют грунтовые воды на глубине 1—2.5 м. Амплитуда колебания в среднем около 80 см.

б) Районы неустойчивого орошения

Расположены на периферических частях оросительных систем, находящихся вместе с тем под влиянием гидростатического напора со стороны грунтовых вод вышележащих территорий; характеризуются большой амплитудой колебания грунтовых вод, достигающей 170 см, разнородностью глубин, минерализации и дебита. Как правило, минерализация грунтовых вод здесь несколько повышена.

в) Районы периферии орошаемых оазисов

Заняты комплексом луговых солончаковых почв с минерализованными грунтовыми водами, имеющими амплитуду уровня до 200—210 см. Максимальные амплитуды характерны для солончаковых земель.

Грунтовые воды I террасы реки Сыр-Дарьи, как правило, находятся на небольшой глубине 0—3 м. Вблизи перехода II террасы в I террасу грунтовые воды залегают особенно близко от поверхности, часто образуя здесь заболоченные пространства. В направлении к реке глубина грунтовых вод постепенно увеличивается, отражая дренирующее влияние русла.

Пойменная терраса имеет грунтовые воды наиболее близкие к поверхности (0.5—1 м), тесно связанные с питающим влиянием Сыр-

Таблица 34

Химический состав грунтовых вод под солончаками и луговыми солончаковыми почвами Ферганы

(А. Н. Розанов)

Географическое положение	Почвы	Время взятия пробы	Глубина залегания воды, в см	В 1 л содержится в граммах			
				Плотный остаток	Cl	SO_3	CaO
1	2	3	4	5	6	7	8
Периферия Кокандского оазиса в р-не кишл. Беговат	Луговые солончаки	28.IX	135	51.50	16.799	17.59	1.42
			435	72.50	19.670	22.30	1.98
В 14 км на с.-з. от ст. Ванновская	Корково-пухлый солончак	1.X	230	15.43	1.581	7.40	1.17
Уроч. Сары-Су между 2 и 3 Токали	То же	14.X	450	11.35	0.915	5.87	0.58
В р-не кишл. Яз-Яван в 1 км от канала	То же	11.X	251	6.62	1.665	2.32	0.77
Ур. Сары-Су в 2 км на зап. от совхоза Талкудук	То же	9.X	350	8.71	0.799	4.17	1.14
Периферия Яз-Яванского оазиса у кишл. Талкудук	То же	10.X	375	12.46	0.844	5.73	2.21
В 1—1.5 км на с.-з. от кишл. Ниазбек	Луговая солончаковая	18.VI	94	41.50	1.412	20.90	4.20
В 0.5 км на юг от озера Мараш-кум	То же	18.VI	150	6.87	0.307	3.78	0.76
В 6 км на с.-в. от кишл. Кальта	Пухлый солончак	21.VI	130	11.70*	0.811	6.02	0.62
Правобережье Сары-Су в р-не Дамкуль	Корковый солончак	18.X	120	7.90	0.985	3.34	1.64
Периферия Яз-Яванского р-на	Корково-пухлый солончак	8.X	352	17.12	1.114	8.25	3.21
Уроч. Сары-Су .	Пухлый солончак	15.VII	368	10.99	0.711	0.72	0.67
Уроч. Бус	То же	2.VI	414	34.78	7.171	13.18	0.67
Уроч. Бус	То же	28.VII	327	17.60	1.911	7.13	—
Долина р. Сыр-Дарьи	Корково-пухлый солончак	14.VII	160	14.22	5.124	3.55	—

Таблица 34 (продолжение)

Географическое положение	Почвы	Время взятия пробы	Глубина залегания воды, в см	В 1 л содержится в граммах			
				Плотный остаток	Cl	SO_3	CaO
1	2	3	4	5	6	7	8
Долина р. Сыр-Дарьи	Пухлый солончак	11.VII	230	0.64	0.180	0.18	—
Кишл. Джида . .	Луговая солончаковая	31.VII	165	6.49	0.058	3.68	1.68
В 11 км на вост. от кишл. Янгичек	Корковый солоичак	27.VII	180	—	12.257	28.38	0.99
Уроч. Сары-су, р-н 3 Токали	Пухлый солончак	13.X	287	47.30	7.025	19.38	3.06
Там же, в 4 км восточнее 3 Токали	То же	17.X	190	49.45	5.960	21.18	3.17
Уроч. Дамкуль .	Корково-пухлый солончак	17.X	200	25.19	3.696	7.84	1.35
Кишл. Найман . .	Лугово-солончаковая	17.X	80	29.01	4.747	10.65	0.84
Периферия орошаемых земель в р-не кишл. Каримбаба	Корковый солончак	5 IX	120	7.65	0.407	3.51	0.52
	Солончак	7.VIII	360	—	6.888	62.59	—
	Пухлый солончак	—	—	22.28	8.193	4.46	—
	Солончак	23.VIII	160	4.47	0.202	2.19	—
В 11 км на вост. от ст. Серово	Солончак	27.VIII	270	40.85	8.674	13.28	3.30
В 9.5 км на с.-в. от ст. Ванновская	Солончак	29.VII	174	32.45	7.408	9.35	1.26
В 7.5 км на сев. от ст. Ванновская	Луговая солончаковая	31.VII	190	61.01	2.400	31.08	5.31
В 2.5 км на вост. от кишл. Карасакал	То же	13.VIII	260	18.55	4.595	8.15	1.36
Кишл. Дарламан, перелог	То же	1.VIII	188	10.55	1.490	4.75	—
Кишл. Хавас, периферия орошенных земель	Пухлый солончак	1.VIII	170	109.50	20.988	41.49	0.71
Кишл. Шейховат, периферия орошенных земель	Корковый солончак	28.VII	265	45.36	4.189	21.56	0.69
С.-в. периферия кишл. Яз-Яван	Корково-пухлый солончак	11.X	265	33.57	5.178	13.675	2.69
В том же р-не .	Пухлый солончак	13.X	255	19.38	2.997	8.145	1.81
У кишл. Чуджа .	Луговая солончаковая	—	80	7.27	0.200	3.521	0.75

Дарьи. Минерализация грунтовых вод на пойменной и I террасе низкая (0.5—1 г/л), причем она снижается по мере приближения к реке.

Как следует из рассмотренных выше условий геоморфологии и гидрогеологии Ферганской долины, происхождение солей в ней тесно связано с речными и оросительными водами. Неполная дренированность II террасы долины в ее западных и центральных частях, наложение на ее поверхность периферии сухих дельт и орошенных оазисов приводят к развитию здесь резко выраженных процессов соленакопления, охватывающих колоссальные территории.

Многовековое орошение в Ферганской долине усилило свойственные II террасе процессы соленакопления. Орошение увеличило размеры питания грунтовых вод фильтрационными водами. Оно способствовало и способствует дополнительному перемещению легкорастворимых солей с орошенных территорий, особенно — верхних зон равнины, в центральные и концевые малодренированные нижние районы ее. Орошение так, как оно сложилось в Фергане, с обычными сбросами избыточных вод в депрессии II террасы, с отводом сюда с помощью зауров или коллекторов грунтовых вод с территорий орошенных оазисов, способствовало и способствует поддержанию грунтовых вод на периферии ирригационных оазисов на II террасе на небольшой глубине от поверхности.

Однако процессы современного засоления в левобережной Фергане локализованы в определенных районах. Наибольшее выражение засоление получило в Западной Фергане, несколько меньшее в Центральной. В Восточной и правобережной Северной Фергане засоление выражено слабее.

Правобережная сторона Ферганской аллювиальной равнины (Северная Фергана) находится в совершенно других условиях в отношении ее суммарного солевого режима. Ирригационные оазисы расположены в основном на поверхности III террасы, на конусах выносов и сухих дельтах рек.

Вся эта территория интенсивно дренируется руслом Сыр-Дарьи, срезавшей периферию сухих дельт, где могло бы протекать естественное соленакопление. Поэтому районы правобережной Ферганы Северная Фергана) характеризуются небольшими площадями естественного и вызванного неправильным орошением (вторичного) засоления. Наоборот, в этой комбинации геоморфологических и гидрогеологических условий орошение часто вызывает здесь лишь рассоление.

Почвенный покров различных частей Ферганы несет на себе все черты влияния условий естественной дренированности местности. Об этом можно судить по данным А. Н. Розанова (рис. 24) и подсчетам земельного фонда Ферганы, произведенным СоюзНИХИ (табл. 35).

Из этих данных (Д. М. Секирин) видно, что земельный фонд Северной (правобережной) Ферганы и, особенно, Восточной представлен на 68—46% незасоленными сероземными почвами. Западная Фергана и частично Центральная представлены в большей своей части почвами

Таблица 35

Характеристика земельного фонда поливной зоны Ферганы по основным группам почв

(данные СоюзНИХИ)

Название почв	Северн Фергана		Вост. Фергана		Центр. Фергана		Зап. Фергана		Всего	
	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
Сероземы	118 836	68.9	113 921	46.2	50 055	28.1	24 727	14.9	300 539	36.62
Луговые	37 395	21.7	94 491	38.2	89 612	50.2	117 900	70.9	399 398	48.96
Лугово-болотные	3 934	2.3	20 172	8.1	6 898	3.9	3 669	2.1	34 673	4.25
Болотные	7 721	4.5	18 257	7.3	3 508	1.9	3 405	2.1	32 891	4.03
Солончаки . . .	4 526	2.6	525	0.2	28 424	15.9	16 653	10.1	50 128	6.14
Итого . .	172 412	100	247 366	100	178 497	100	166 354	100	817 629	100
Прочие земли (галечники, болота, пески и др.)	6 816	3.8	3 548	1.3	8 131	4.3	11 441	6.4	29 936	3.8
Всего . .	179 228	100	250 914	100	186 628	100	177 795	100	847 505	100

лугово-болотными, болотными и солончаковыми, в сумме занимающими до 72—85% площади. [1]

Особенно велика разница между почвами различных частей Ферганской долины в отношении характера и степени их засоленности. Районы Северной и Восточной Ферганы представлены ничтожным количеством засоленных почв — вместе около 5000 га, что составляет 2.6—0.2% поверхности. В Западной Фергане площадь солончаков достигает 16 000 га, а в Центральной — 28 000 га, т. е. 10—15% земельного фонда.

Сопоставляя Ферганскую долину с другими оазисами Узбекистана, Д. М. Секирин пришел к выводу, что Ферганская долина характеризуется максимальным коэффициентом освоения земель поливного пояса и наибольшей интенсивностью земледелия. Среди орошаемых почв (660 000 га) около 470 000 га приходится на долю почв давнего орошения (70%). Однако площадь почв нового орошения также достаточно велика — около 200 000 га.

Дальнейшее орошение Ферганской долины должно пойти за счет освоения внутриоазисных перелогов, а также за счет свободных земель Центральной Ферганы. И те и другие площади представлены сильнозасоленными почвами и солончаками с высокоминерализованными грунтовыми водами (табл. 34).

[1] Границы природных районов Ферганы в понимании Д. М. Секирина и нашем не совсем совпадают, но общее их размещение понимается нами одинаково.

Эти засоленные перелоги, по исследованиям Паршакова, тяготеют главным образом к периферическим частям орошенных оазисов и низинам Центральной Ферганы. Территории Северной и Восточной Ферганы как наиболее дренированные имеют небольшие площади засоленных почв. Центральная и, особенно, Западная Фергана как плохо дренированные характеризуются весьма большими площадями засоленных почв (табл. 36).

Таблица 36

Характеристика поливного земельного фонда Ферганы по засолению
(данные СоюзНИХИ)

Название почв	Северн. Фергана		Вост. Фергана		Центр Фергана		Зап Фергана		Всего	
	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
Незасоленные . .	129 465	75.2	164 547	66.5	46 528	26.0	24 815	14.9	365 355	47.8
Незасоленные и слабозасоленные	23 150	13.4	64 460	26.1	47 926	26.9	23 623	14.2	159 159	20.8
Слабозасоленные	6 408	3.7	7 580	3.1	12 705	7.0	5 397	3.2	32 090	4.2
Слабо- и среднезасоленные . .	883	0.5	5 774	2.3	21 435	12.1	67 472	40.6	95 594	12.5
Средне- и сильнозасоленные . .	7 980	4.6	4 480	1.8	21 449	12.1	28 394	17.1	62 303	8.1
Солончаки . . .	4 526	2.6	525	0.2	28 424	15.9	16 653	10.0	50 128	6.6
Всего без солончаков .	167 886	—	246 841	—	150 073	—	149 701	—	714 501	—
Всего . .	172 412	100	247 366	100	178 497	100	166 354	100	764 629	100

На территории Центральной Ферганы преобладают почвы старого орошения. За последние годы расширение орошаемых площадей в Центральной Фергане шло преимущественно за счет сероземов, т. е. за счет районов, расположенных более высоко.

Пустующие же земли Центральной Ферганы расположены на солончаковых массивах. Поэтому предстоящее расширение орошаемого земледелия в Центральной Фергане должно будет итти при обязательных мелиоративных работах, обеспечивающих устойчивое рассоление солончаков (дренаж, промывки). В некоторых районах (Маргеланский, Ташлакский, Сталинский) солончаки развиты на слоистых супесчано-суглинистых породах, что облегчит возможность их мелиорации и освоения.

Площадь засоленных и склонных к засолению почв в Центральной Фергане достигает 74%, уступая в этом отношении лишь Западной Фергане. По количеству же солончаков Центральная Фергана занимает первое место среди других частей долины. Однако та часть Централь-

ной Ферганы, которая расположена преимущественно на пролювиальной покатой равнине, характеризуется сравнительно небольшим количеством засоленных почв и преобладанием незасоленных почв (до 72%).

Процессы засоления в Центральной Фергане приурочены к луговым и лугово-болотным почвам. Незасоленные луговые почвы в Центральной Фергане практически не встречаются. Западная Фергана резко отличается от остальных районов Ферганы сильной ветровой эрозией, полусточностью вследствие подпора фархадскими порогами, пестротой почвообразующих пород и большим участием соленосных пород третичного возраста.

Около 90% орошенных земель в Западной Фергане относится к группе давнего орошения. Свободный земельный фонд, за счет которого может развиваться орошение, представлен, по данным СоюзНИХИ, исключительно солончаками. По механическому составу большая часть почв относится к группе суглинистых и тяжело-суглинистых. Лугово-болотные и болотные почвы относятся к породам тяжелого механического состава. Однако среди солончаков довольно большую площадь занимают грунты легкого механического состава, что является фактором благоприятным. Площадь засоленных и склонных к засолению земель в Западной Фергане является наибольшей в сравнении с другими частями долины. Незасоленные почвы занимают всего лишь 15% поверхности.

В 1939 г. нами совместно с А. Н. Розановым обследованы неосвоенные пространства Ферганы. На основании этого обследования нами было произведено почвенно-мелиоративное районирование неосвоенных частей Ферганской долины. Согласно этому районированию неосвоенные территории Ферганской долины разделены на 13 больших районов. В основу подразделения Ферганской долины на районы нами были положены признаки, характеризующие происхождение, почвенный покров, условия естественной дренированности и комплекс мелиоративных мероприятий, необходимых для освоения каждого района.

Районами первой очереди освоения, т. е. районами, требующими сравнительно простых мероприятий по освоению пустующих перелогов и предупреждению засоления, являются (см. карту почвенно-мелиоративных районов, рис. 25): Балыкчинский — *1*, Бусский — *3*, Сарысу-Ащекульский — *6*, Кара-Джидинский — *5*, Махчагар-Катакульский — *7*. В порядке последовательности перечисления названных районов ухудшается степень естественной дренированности, возрастает степень засоленности и потребность в выборочных промывках.

Районами второй очереди освоения, требующими для освоения сети коллекторов и на отдельных массивах заурной сети, а также промывок на большей территории, являются: Яз-Яванский — *4*, Кипчакский — *11*.

К районам третьей очереди освоения, требующим больших работ по глубокому дренированию, сооружению сети глубоких коллекторов и многократных промывок для рассоления почв и высокоминерализован-

ных грунтовых вод, относятся в порядке нарастания трудностей освоения следующие: Присарысуйский солончаковый — *2*, Карачикумский глинисто-солончаковый — *13* (как подверженный дефляции нуждается, кроме того, в ветрозащитных мероприятиях), Каракалпакский солонча-

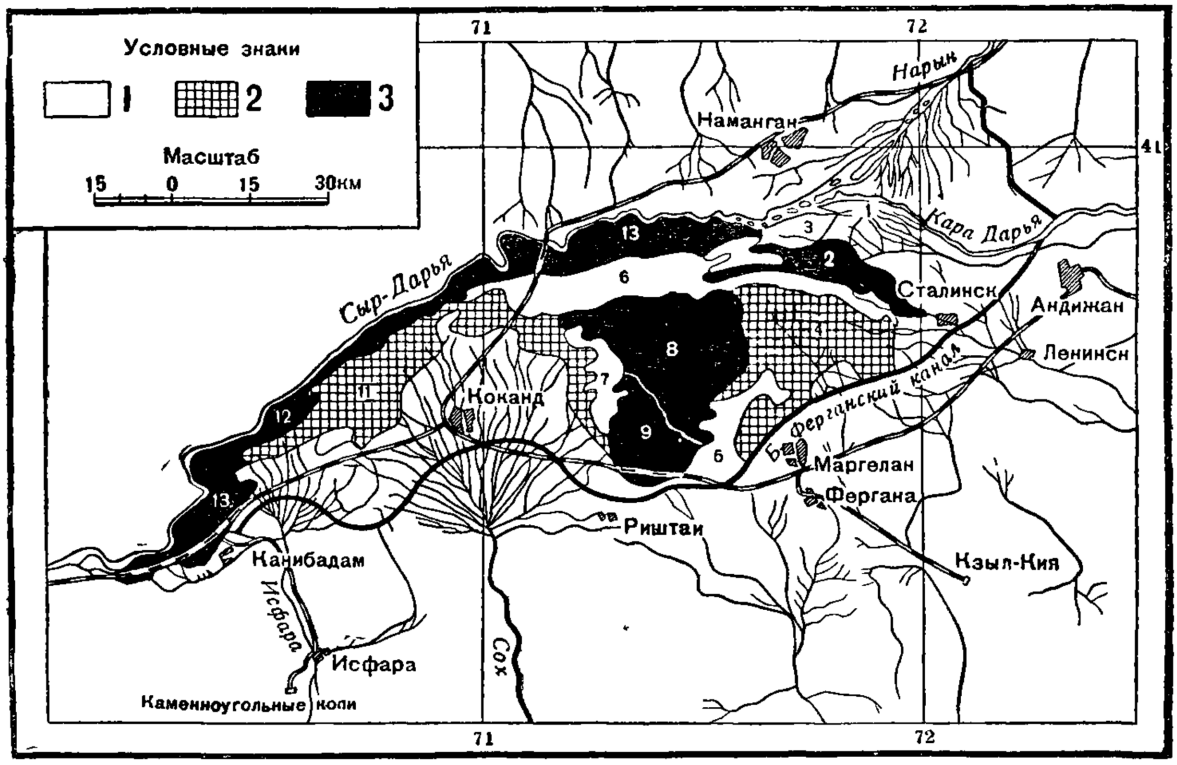


Рис. 25. Схема почвенно-мелиоративных районов неосвоенных частей Ферганской долины (В. А. Ковда и А. Н. Розанов).

1 — районы первой очереди освоения: Балыкчинский, Бусский, Сарысу-Ащекульский, Кара-Джидинский, Махчагар-Катакульский; *2* — районы второй очереди освоения: Яз-Яванский, Кипчакский; *3* — районы третьей очереди освоения; Присарысуйский, Карачикумский, Каракалпакский, Кзыл-Тюбинский, Талкудук-кумский, Наукатский.

ковый — *10*, Кзыл-Тюбинский солончаково-глинистый — *9*, Талкудук-кумский песчано-солончаковый — *8* (дополнительно нуждается в пескоукрепительных работах), Наукатский — *12* (как подверженный дефляции нуждается в ветрозащитных мероприятиях).

10. Главнейшие мероприятия по борьбе с засолением в Ферганской долине

Ферганская долина является основным районом хлопководства в СССР. Богатство Ферганской долины водными ресурсами, высокая плотность населения и исключительно благоприятные климатические условия (возможность возделывания египетского хлопчатника) создают блестящие перспективы дальнейшего развития орошения в Фергане. Однако расширение площади орошаемых земель Ферганской долины сталкивается с необходимостью освоения сильнозасоленных и солончаковых почв, расположенных в основном в районах Центральной и Западной Ферганы. Свободных незасоленных почв в Фергане мало.

Несмотря на то, что орошаемое земледелие в Ферганской долине в целом достигло блестящих результатов как в области строительства (построены Большой Ферганский, Южный Ферганский, Северный Ферганский каналы и др., построен ряд крупнейших коллекторов), так и в области повышения урожайности хлопчатника (Фергана — родина знаменитого в хлопководстве движения стоцентнеровиков), мелиоративное состояние долины требует еще борьбы за его улучшение. За последний период мелиоративное состояние Ферганы ухудшилось. Это проявляется почти в повсеместном повышении уровня грунтовых вод, широком развитии солончаков и заболачивании. Так, в Куйбышевском районе грунтовые воды с глубины 1.4 м в 1939 г. поднялись в 1941 г. до 0.96 м, в Ташлакском районе соответственно с 0.9 м. до 0.5 м.

Значительную роль в подъеме грунтовых вод в Ферганской долине сыграли большие дополнительные количества фильтрационных вод из сети вновь построенных крупнейших ирригационных каналов и их распределителей. Этому способствовало непринятие даже простейших мер по борьбе с фильтрацией после сооружения каналов.

Кроме того, на подъем грунтовых вод повлияло почти повсеместное увеличение поливных норм на 10—20%, уменьшение продуктивности использования воды и неудовлетворительное использование воды в зимний период для промывок, профилактических поливов и водоснабжения.

В этом же отрицательном направлении действовали незаконченность и плохое состояние коллекторно-дренажной сети Ферганской долины, большое число тупиковых зауров, их засоренность и непричлененность к действующим коллекторам.

Все это привело к тому, что попытки расширить площади орошаемых земель за счет пустовавших, обычно засоленных внутриоазисных перелогов, в 1940—1941 гг. не дали положительного эффекта вследствие реставрации засоления и гибели сельскохозяйственных культур.

Существенную отрицательную роль в ухудшении мелиоративного состояния Ферганской долины сыграло отсутствие общеферганского генерального плана мелиорации и освоения земель. Между тем Ферганская долина представляет собой самостоятельный целый естественно-исторический район, живущий общей гидрологической жизнью и солевым режимом. Поэтому мелиоративные мероприятия, сосредоточенные даже в удаленных частях Ферганской долины, в той или иной форме и степени отражаются в других, в особенности, центральных и западных частях.

В дальнейшем совершенно необходимо разработать генеральный план развития земледелия в Ферганской долине в целом, а также по системам и районам (с установлением очередности и порядка освоения и мелиорации отдельных массивов), направления и размера важнейших мелиоративных мероприятий, объема и очередности работ по переустройству ирригационной сети и сооружению основных коллекторов,

правильного размещения культуры риса, прироста поливных площадей и т. д.

В генеральном плане освоения и развития орошаемого земледелия в Ферганской долине должно предусматриваться:

а) Улучшение общеферганского подземного и поверхностного стока путем сооружения и бесперебойной работы сети глубоких введенных в Сыр-Дарью коллекторов.

б) Проведение нового освоения в порядке последовательного включения в орошение массивов с востока и юга на запад и север с целью постепенного усиления выноса солей в направлении преобладающего уклона местности и оттока грунтовых вод.

Ближайшей задачей улучшения мелиоративного состояния Ферганской долины является жесткое ограничение и рационализация водопользования с целью максимального сокращения поступлений в грунтовые воды.

В качестве ориентировочных контрольных величин возможно в дальнейшем для Ферганской долины установить суммарный годовой забор воды из расчета не выше:

Для верхней террасы	11 000	м³/га	брутто
Для районов выклинивания	4 000	»	»
Для районов Западной и Центральной Ферганы . .	10 000	»	»
Для районов Восточной Ферганы	7 000	»	»

Учитывая большое значение в питании грунтовых вод Ферганской долины потерь на фильтрацию в ирригационной сети и при поливах на повышенных, сложенных галечниками частях долины, необходимо предусмотреть проведение работ по кольматажу (наилению почв) оголенных галечниковых пространств с постепенной заменой в этих районах полеводства хозяйством садово-виноградного направления.

Для максимального использования водных ресурсов долины и целесообразного использования пресных грунтовых вод в Ферганской долине необходимо провести мероприятия по каптажу и увеличению оросительной способности родников, повторному использованию сбросных и дренажных вод, применению для орошения грунтовых вод с откачкой их в колодцах.

В центральных частях Ферганской долины были построены большие коллекторы, осушившие к настоящему времени значительные пространства, занятые луговыми и лугово-болотными слабозасоленными почвами. Однако освоение этих плодородных, ныне незасоленных и слабозасоленных земель затянулось, что грозит ростом засоления и гибелью этих пространств.

Необходимо в ближайший период приступить к освоению обсушенных районов с опресненными грунтовыми водами: Сарысу-Ащекульского и Махчагар-Катакульского.

В Ферганской долине издавна существует сложная и довольно густая сеть неглубоких дрен, обслуживающих орошенные оазисы. Эта

сеть дрен-зауров во многих случаях не имеет выхода в коллекторы и сбрасывает отводимую воду на нижележащие пространства. Часть коллекторов не введена в Сыр-Дарью. Необходимо провести работы по выявлению в натуре существующей и заброшенной местной заурной сети, принять меры к ее расчистке, углублению и причленению к существующим действующим коллекторам. Магистральные же коллекторы, не обеспеченные стоком, ввести в реку Сыр-Дарья.

На основе опыта Федченковской мелиоративной станции в дальнейшем при подготовке и очистке дренажно-коллекторной сети необходимо придерживаться следующих оптимальных средних глубин ее элементов:

Первичные дрены	около 2 м
Магистральные коллекторы	2.5—3 м
Осушительные дрены в зоне выклинивания не глубже	1.5 м

Запущенность существующей сети зауров и коллекторов губительно отзывается на районах Центральной и Западной Ферганы, на периферических частях таких крупных оазисов, как Сохский и Исфаринский.

В дальнейшем совершенно необходимо проводить к весне ежегодную очистку и приведение в рабочее состояние всей дренажно-коллекторной сети Ферганской долины.

Высокая засоленность почв Западной и Центральной Ферганы в настоящее время и в течение длительного времени (вплоть до опреснения грунтовых вод) в дальнейшем будет требовать периодических промывок и профилактических поливов с целью регулирования солевого режима почв и подготовки их к вегетационному периоду.

Среднеазиатский научно-исследовательский институт ирригации рекомендует для Ферганы предусматривать возможность промывок нормами 1000—2000 $м^3$/га, в зависимости от реставрации и минерализации грунтовых вод:

при минерализации более 10 г/л	— ежегодно
» » 10—5 г/л	— через 1 год
» » 5—2 г/л	— через 2—3 года

При минерализации около 2—1 г/л промывки обычно не требуются.

Так как Ферганская долина является по преимуществу областью сульфатно-натриевого засоления, то промывки солончаков и профилактические поливы желательно проводить, по возможности, до наступления низких температур. В противном случае на злостных солончаках сернокислый натрий при температуре почвы ниже 10° будет выпадать из раствора в осадок в форме мирабилита $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$, не вымываясь нисходящими токами, ухудшая водопроницаемость почв и снижая эффективность промывок. Оптимальным сроком проведения промывок в Ферганской долине следует считать период октябрь — первая половина ноября.

Несмотря на то, что Ферганская долина отличается исключительно высоким уровнем агротехники, для полного преодоления пережитков прошлого и дальнейшего развития земледелия в Фергане и ликвидации заболачивания и засоления необходимо введение правильных севооборотов. Площадь под культурой люцерны до настоящего времени в Ферганской долине остается невысокой, что отзывается как на уровне грунтовых вод, так и на ухудшении водно физических свойств и солевого режима орошаемых почв.

Длительная и сложная история развития орошаемого земледелия Ферганы в прошлом привела к тому, что для ее ирригационной сети характерно исключительное обилие параллельно действующих каналов, неармированность их, малые размеры карт обработок. Все это в высшей степени способствует дополнительным потерям ирригационной воды на фильтрацию и питание грунтовых вод В связи с этим необходимо предусматривать в дальнейшем развитии орошаемого земледелия Ферганской долины значительные работы по реконструкции ирригационной сети, армированию, сокращению сети каналов, увеличению карт обработок. Большую роль при этом призвано сыграть плановое водопользование и водораспределение внутри хозяйства, тесно увязанное с ходом основных сельскохозяйственных работ по колхозам и бригадам (межбригадный водооборот)

До последних лет поля, занятые культурой риса, размещались в Ферганской долине случайным образом, мелкими распыленными участками, потребляющими колоссальное количество воды В дальнейшем необходимо ввести прерывистые поливы риса, что дает при сокращенном потреблении воды прекрасные результаты в смысле урожайности (опыт станции в Федченко). Поля же, занятые культурои риса, необходимо размещать по специальному указанию райводхозов и райземотделов крупными массивами по периферии оазисов, на солончаковых землях, с целью их мелиорации и освоения. с тем чтобы устранить губительное подтопляющее влияние плантаций риса на освоенные поливные земли. Здесь также потребуется сеть глубоких дрен, впадающих в действующие глубокие коллекторы.

Возделывание риса, кроме того, возможно на участках выклинивания пресных грунтовых вод с целью их каптажа и использования.

Постройка Фархадской плотины может вызвать изменения условий естественной дренированности Западной и Центральной части Ферганской долины Можно предполагать, что подпор распространится в верхнем бьефе километров на 20—25 Уже в современном состоянии Ферганская долина в своей западной части, вследствие наличия тектонической перемычки, обладает ухудшенными условиями естественного дренажа и склонностью к засолению Фархадское водохранилище и подпор могут в значительной степени ухудшить существующие недостаточные условия естественной дренированности Следует ожидать, что это вызовет подпор грунтовых вод прилегающих территорий и развитие на последних засоления. Необходимо специально проработать этот

вопрос для уяснения последствий возведения Фархадской плотины в суммарном водно-солевом режиме Центральной и Западной Ферганы.

Западная Фергана страдает от исключительно сильных ветров, вызывающих снос пахотного горизонта, занесение песком культурных площадей и накопление солей на полях в виде дюн. Необходимо начать систематическую закладку ветрозащитных древесных насаждений в районах Западной Ферганы для борьбы с этим губительным явлением.

11. Дальверзин-Голодностепская аллювиальная равнина

Дальверзин-Голодностепская аллювиальная равнина расположена по обе стороны реки Сыр-Дарьи ниже ее выхода из Ферганских ворот. Занимая огромную территорию, Дальверзин-Голодностепская равнина вложена в обширную межгорную депрессию, окаймленную с юга Туркестанским хребтом, а также горами Нура-тау, Балыкты и Пистали-тау, с севера, северо-востока и юго-востока — Кураминскими горами и горами Могол-тау.

Климат этой обширной области отличается значительной континентальностью и сухостью: средняя годовая температура около 12—13°, летний максимум до 42.2°, зимний минимум до —32.7°, безморозный период 195—200 дней, атмосферных осадков около 250—260 мм в год с колебаниями от 400 до 70 мм и зимне-весенним максимумом, годовое испарение около 1000—1200 мм.

Дальверзин-Голодностепская равнина по своему происхождению представляет сочетание великой древней аллювиальной равнины с наложенной на нее со стороны гор зоной сросшихся субаэральных дельт и конусов выносов рек.

Как и в большинстве других аллювиальных равнин, Дальверзин-Голодностепская аллювиальная равнина отличается резко выраженной асимметричностью. Это проявляется в исключительно сильном развитии левобережной части равнины (Голодная Степь), занимающей территорию более 1 000 000 га и отличающуюся полным развитием всего комплекса аллювиальных террас при одновременном ограниченном развитии правобережной части (Дальверзинской степи), занимающей значительно меньшую площадь.

Следует отметить еще одно важное обстоятельство в общей структуре Голодной Степи — это наличие в районе Чардары у северо-восточной границы Голодной Степи порогов, представляющих собой продолжение правобережных гор, переходящих на левую сторону Сыр-Дарьи и оказывающих известный подпор стоку последней.

В пределах левобережной и правобережной частей равнины различаются, кроме поймы, три основные аллювиальные террасы, формирующие поверхность.

I озерная терраса возвышается над урезом реки на 3 м, иногда 5 м. Общая равнинная поверхность этой террасы, как на левобережной, так и на правобережной стороне, разнообразится древнерусловыми впади-

нами — старицами и отмирающими протоками реки. Ее ширина колеблется в пределах нескольких километров.

Над поверхностью I аллювиальной террасы выраженным уступом возвышается II терраса, которая в настоящий период, как правило, затопляется редко, и то лишь через старицы, и живет режимом, переходным к степному. Эта терраса имеет очень широкое развитие и в пределах Голодной Степи расширяется до 10—12 км. Для ее мезорельефа характерно наличие сглаженных извилистых древнерусловых солончаковых впадин и стариц, прижатых к III террасе.

Резким уступом до 12—15 м над поверхностью II террасы возвышается равнина III древней террасы. В правобережной дальверзинской части III терраса развита сравнительно слабо и представлена небольшими участками, перекрытыми сверху делювиально-пролювиальными отложениями. В левобережной части III терраса получает обширное развитие и представляет собой бескрайные равнинные пространства собственно Голодной Степи, уходящей от границ реки на запад и юго-запад на расстояние 100 км.

Голодностепская III терраса равнины имеет сложный макрорельеф. При общем равнинном фоне на поверхности III террасы обнаруживаются три гигантские древнерусловые депрессии. Своими вершинами они уходят к Ферганским воротам, откуда одна из них, южная, почти полностью замаскированная позднейшими отложениями субъаэральных дельт рек, сбегающих с Туркестанского хребта, проходит в западном направлении к Агачты на Чимкурган (Агачтинская древнерусловая впадина); центральная, Джетисай-Сардобинская, впадина проходит южнее станции Мирзачуль на озеро Сардоба, через пониженное урочище Карой в направлении к Кызыл-кумам. Третья, Шурузякская древнерусловая, впадина проходит почти параллельно современному руслу реки Сыр-Дарьи, пересекая железную дорогу и открываясь севернее ст. Сыр-Дарьинской в русло Сыр-Дарьи.

Сходного типа впадина, но более юного возраста — Арна-сайская — ограничивает Голодную Степь с запада. Она является естественной границей между Кызыл-кумами и Голодной Степью.

Древнерусловые впадины Голодной Степи разделены обширными равнинными водораздельными приподнятыми пространствами, представляющими размытые древние поверхности террасы. Морфология депрессий, а также слоистый характер отложений, их слагающих, позволяет считать эти впадины древними руслами, оставленными в период блуждания реки Сыр-Дарьи на уровне Голодностепской террасы.

Кроме этих форм макрорельефа, для III террасы характерно развитие замкнутых и полузамкнутых впадин, разделенных холмообразными повышениями.

Наконец, широкое значение имеет также повсеместное развитие микрорельефа.

Южная периферия III Голодностепской террасы переходит после заметного подъема в область субаэральных дельт и конусов выносов рек

Туркестанского хребта. Различаются Джизакский конус, отложенный в западной части равнины рекою Санзар, Зааминский в центральной части степи и Урсатьевский на востоке. Два последних конуса связаны, главным образом, с деятельностью реки Зааминь.

Кроме этих основных по размеру субаэральных дельт, имеют значение мелкие конусы, сформированные временно действующими саями.

Вершины современных конусов выносов и субаэральных дельт вложены в размытую поверхность древних отложений, являющихся, повидимому, более древними субаэральными дельтами.

Пойменная и I террасы реки Сыр-Дарьи представлены новейшими аллювиальными слоистыми отложениями глинистого, суглинистого и супесчаного механического состава. Древнерусловые и озеровидные впадины и старицы, как правило, сложены породами более глинистого механического состава, которые обычно лежат на мелкозернистых песках, залегающих сплошным горизонтом на глубине 1—2 м. Ближе к Ферганским воротам пески сменяются галечниками, которые примерно в районе совхоза Баяут преобладают в числе пород, слагающих I террасу.

II терраса сложена также аллювиальными отложениями, но уже отчетливо затронутыми процессами лёссообразования. Преобладающими породами здесь будут суглинки, которые на глубине 3—4 м могут подстилаться речными песками. Озеровидные и древнерусловые впадины заполнены тяжелыми соленосными сизыми и черными глинами.

III терраса (Голодностепская) сложена уже породами лёссовидного облика, которые в естественном состоянии склонны к просадкам. При внимательном изучении профиля лёссовидных толщ, слагающих Голодностепскую террасу, легко можно обнаружить слоистость, связанную с озерно-аллювиальным или озерно-речным генезисом этих отложений. Особенно отчетливо эта слоистость обнаруживается в глубоких каньонах близ совхоза Баяут.

На глубине 15—20 м лёссовидные породы часто сменяются глинами, а ближе к руслу Сыр-Дарьи — песками и иногда даже мелкими галечниками.

Древнерусловые впадины заполнены породами значительно более тяжелого механического состава. Наиболее глубокие части впадин представлены тонкослоистыми тяжелыми соленосными глинами шорово-озерного типа. Однако наряду с этим в пределах древнерусловых впадин широко представлены продольные (вытянутые с востока на запад) гривы, сложенные супесчаными и песчаными породами. Древнерусловые впадины Голодной Степи как до орошения, так и особенно после орошения являются местными приемниками почвенно-грунтовых вод и солей, мигрирующих со стороны повышенных элементов рельефа — лёссовых водоразделов.

Область субаэральных дельт и конусов выносов представлена щебнистыми суглинистыми, а также галечниковыми отложениями, которые по периферии конусов выносов сменяются лёссовидными суглинками. Рас-

члененные ныне массивы древних субаэральных дельт с поверхности покрыты мощной толщей лёссов, подстилаемых галечниками.

Дальверзин-Голодностепская равнина характеризуется преобладанием однородных мелкоземистых грунтов, лишь в редких случаях подстилаемых галечниками, что отличает ее от сильнодренированных оазисов типа Чирчик-Ангренского и Зеравшанского (табл. 37). Супесчаные

Таблица 37

Характеристика Дальверзин-Голодностепского массива по механическому составу грунтов

(данные СоюзНИХИ)

Массивы	Площадь в га				
	Однородные глинистые и суглинистые	Слоистые с глинисто-супесчаные и песчано-глинистые	Галечниковые на глубине		Итого
			0,2—1 м	1—3 м	
Голодностепский					
Орошаемые	43 459	4 363	—	—	47 822
Неорошаемые	56 296	6 198	—	—	62 494
Дальверзинский					
Орошаемые	8 119	8 281	6 747	15 574	38 721
Неорошаемые	58 704	3 296	—	57	62 057

грунты, способствующие несколько более благоприятным условиям оттока грунтовых вод, составляют не более 10% поверхности (по узбекской части Голодной Степи).

Дальверзинская степь отличается более благоприятными условиями солевого режима, чем Голодностепская равнина. Прежде всего, следует отметить, что среди орошаемых площадей Дальверзинской степи около 22 000 га располагается на грунтах, подстилаемых галечниками на небольшой глубине, до 3 м. Кроме того, среди орошаемых почв, супесчаные и песчано-глинистые занимают примерно половину. Однако в неорошаемых частях Дальверзинской степи слоисто-песчаные грунты опять-таки занимают небольшую площадь (около 5%).

Все это объясняет сильно выраженную склонность Голодной Степи к развитию процессов вторичного засоления. Вместе с тем более благоприятные условия дренированности Дальверзинской степи являются причиной сравнительно ограниченного распространения в ней этих процессов.

Гидрографические условия Дальверзин-Голодностепской равнины довольно сложны. Основной водной магистралью равнины является река Сыр-Дарья — вторая по водоносности река Средней Азии. У выхода из Ферганских ворот, судя по данным Запорожской станции, средний многолетний расход реки Сыр-Дарьи равен 539 м³/сек. По данным Чардаринской гидрометрической станции (Чардаринские ворота, прорыв

Джауарумской антиклинали), у выхода Сыр-Дарьи из пределов Дальверзин-Голодностепской равнины, средний многолетний расход равен 674 м³/сек. Однако нет оснований приписать превышение расхода реки Сыр-Дарьи по Чардаринскому створу над Запорожским в размере 135 м³/сек приходу дренажных вод. Подсчеты Шульца и Скворцова обнаруживают, что сброс вод Чирчика и Ангрена в Сыр-Дарью почти покрывает эту разницу, равняясь в отдельные годы 100—150—240 и даже почти 500 м³/сек. Если при этом учесть сброс вод в реку Сыр-

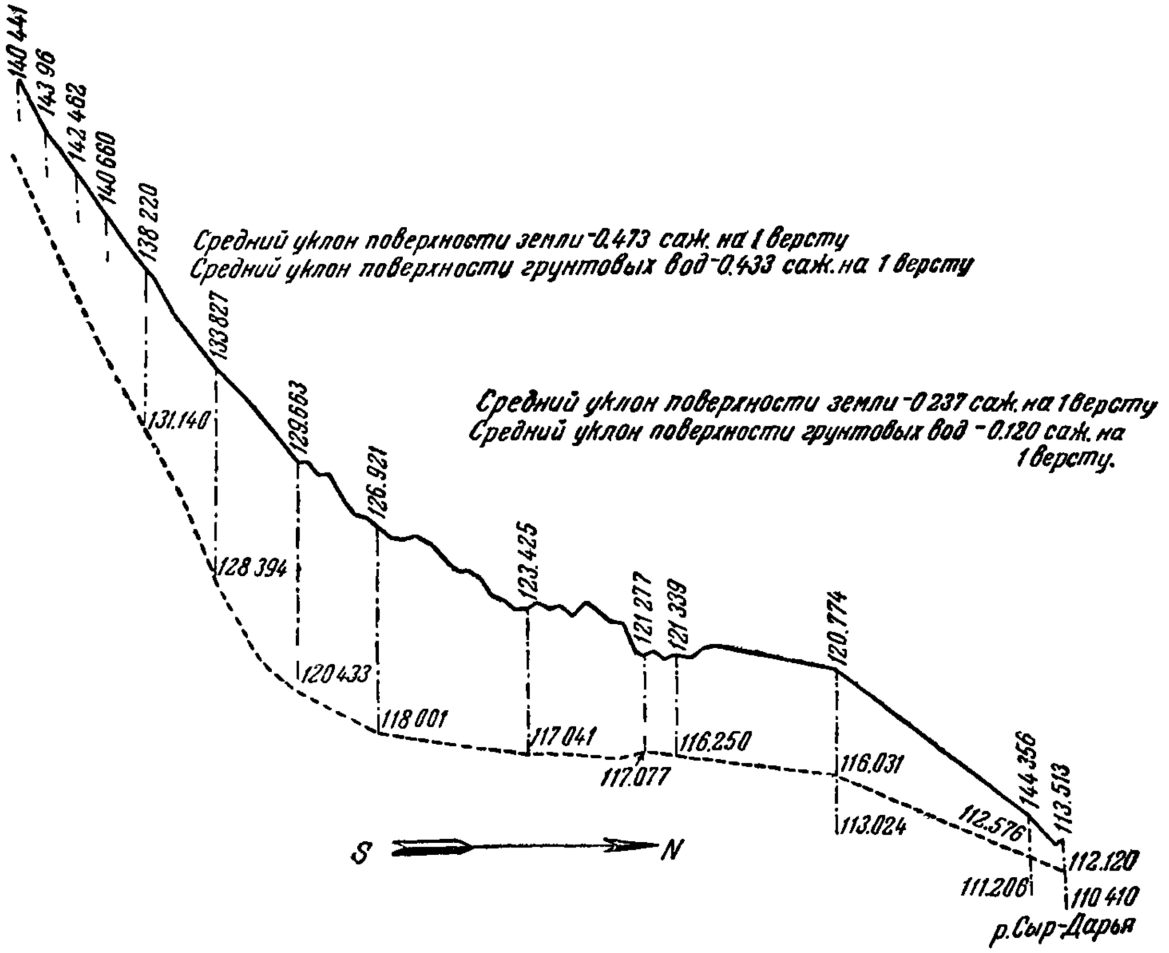


Рис. 26. Гидрогеологический поперечник через Голодную Степь.

Дарью из Келеса, Курук-Келеса и Кара-су, то окажется, что величины поступления дренажных вод в русло Сыр-Дарьи очень невелики и практического значения не имеют. Тем не менее Шульц и Скворцов констатируют, что при прохождении Сыр-Дарьи между Запорожским и Кокбулакским створами русловой баланс ее характеризуется превышением притока над потерями. Анализ взаимоотношений грунтовых вод Дальверзин-Голодностепской равнины с рекой Сыр-Дарьей обнаруживает ясно выраженное движение грунтовых вод к руслу реки на всем ее протяжении от Ферганских ворот до Чардары (рис. 26).

Таким образом, Сыр-Дарья в Дальверзин-Голодностепской равнине, так же как и в Фергане, продолжает оставаться естественной дреной, разрезающей равнину. Но размеры притока дренажных вод здесь, в отличие от Ферганы, несравненно меньше, что обязано меньшему врезу

русла реки, отсутствию галечников в составе пород, слагающих водоносные горизонты, и преобладанию среди них суглинистых и глинистых пород, обладающих малой водопроницаемостью.

Наши подсчеты обнаруживают, что возможный годовой отток естественно дренируемых Сыр-Дарьей грунтовых вод со стороны Голодной Степи примерно равен 146 000 м³. Лишь для I террасы взаимоотношение между рекой и грунтовыми водами носит иной характер. Здесь все исследователи отмечают поступление речных вод в периоды паводка в грунтовые воды террасы и взаимный обмен между ними. Питающее влияние Сыр-Дарьи не распространяется дальше II террасы.

Второй мощной естественной дреной в Голодной Степи является Арнасайская депрессия на западе. Возможный отток грунтовых вод в нее составляет до 73 000 м³ в год. Наконец, роль дрены-испарителя играет также и Сардобинская впадина, принимающая в себя грунтовые и сбросные воды окружающих орошаемых территорий.

И. А. Шаров еще в 1933 г., оценивая условия оттока грунтовых вод Голодной Степи, отмечал, что средний отток составляет около 500 м³/га в год. Хорошо дренированная присырдарьинская часть Голодной Степи, составляющая 13% площади, имеет отток грунтовых вод порядка 2000—3000 м³/га в год. Приарнасайская часть, составляющая 9% площади Голодной Степи, имеет сток грунтовых вод до 1000 м³/га в год. Центральная же, наименее дренированная, территория Голодной Степи, занимающая площадь около 35%, при условии орошения имеет годовой отток 500 м³/га.

Весьма важную роль в водно-солевом балансе Дальверзин-Голодностепской равнины играют небольшие реки и саи, сбегающие с Туркестанского и Кураминского хребтов. Так, суммарный среднегодовой расход всех рек, сбегающих с Туркестанского хребта в пределах Голодной Степи, исчисляется Шульцем и Скворцовым в размере 15 м³/сек. Наиболее крупные реки: Санзар, имеющая среднегодовой расход 4.1 м³, Заамин-сай — среднегодовой расход 2.0 м³ и Басманды — 1.7 м³. К этой величине поверхностного стока рек необходимо добавить не менее половины стока подземного. В сумме, таким образом, величина круглогодового прихода естественных вод в пределы Голодной Степи достигает 22.5 м³/сек.

До орошения Голодной Степи эти воды имели решающее значение в образовании грунтового потока, направленного от гор в сторону к Сыр-Дарье. Уклон поверхности грунтового потока от склонов Туркестанского хребта к Сыр-Дарье выражался до орошения величиной в 0.00025, обнаруживая замедленное движение грунтовых вод после поступления их в пределы Голодностепской равнины и явный отток в Сыр-Дарью.

Принимая среднюю минерализацию грунтовых и речных вод, приходящих со склонов Туркестанского хребта, в 0.3—0.2 г/л и исходя из среднегодового расхода их в 22.5 м³/сек, можно считать, что Голодная Степь ежегодно получает до 200 000—150 000 т солей. Отток солей с

грунтовыми водами в Сыр-Дарью и Арнасайскую низину, по нашим подсчетам, может составить до 5000 т в год. Таким образом, для Голодной Степи до орошения было характерно общее соленакопление, которое прежде всего проявлялось в бессточных понижениях, т. е. в Шурузякской, Сардобинской, Агачтинской, Джетысайской впадинах. Повышенные части Голодностепской равнины были охвачены глубокими процессами рассоления с образованием сероземных почв.

Это соленакопление в Голодной Степи обязано тому, что к ее поверхности причленены сухие дельты и конусы выносов, поставляющие громадные количества солей. Если бы Голодная Степь не имела этих элементов, ее солевой баланс, благодаря ее геоморфологии, складывался бы по типу рассоления.

После начала орошения Голодной Степи (1890) решающим фактором в ее гидрологии и солевом балансе стала ирригация. По подсчетам Шульца и Скворцова, общая протяженность магистральных каналов, крупной и мелкой распределительной и оросительной сети составляет 2669 км.

Суммарный годовой водозабор Кировской ирригационной системы составлял в последние годы около 1.5 млрд. м³. Для условий 1939—1940 гг. при водозаборе системой 1.588 млн. м³, питание грунтовых вод приближенно было около 900 млн. м³, или в среднем 735 м³ с 1 га орошаемой площади.

Единственный действующий в Голодной Степи общесистемный коллектор — Шурузякский — при среднегодовом расходе грунтовых вод через него около 3 м³/сек может вывести за год 90 млн. м³. При минерализации вод Шурузяка около 1 г/л это составит в год 90 тыс. т солей.

Отсюда следует, что из огромной массы воды в 1—1.5 млрд. кубометров, забираемой Кировской ирригационной системой, лишь незначительная часть уходит с территории Голодной Степи. Таким образом, суммарный водный баланс Голодной Степи в настоящее время регулируется испарением и транспирацией, что и привело к усилению процессов соленакопления.

Считая минерализацию оросительных вод Сыр-Дарьи равной 0.2—0.3 г/л, можно видеть, что ежегодный приток легкорастворимых солей с ирригационными водами достигает 300 000—450 000 т. Вероятный же приход легкорастворимых солей с водами, приходящими со стороны Туркестанского хребта, в свою очередь, составляет, как и раньше, 150 000—200 000 т в год.

В итоге Голодностепская равнина получает к настоящему времени в год до 450 000—650 000 т солей, которые распределяются в ее грунтовых водах, грунтах и почвах и частично уходят в Сыр-Дарью и Арнасай. Таким образом, ирригация усилила неблагоприятные стороны солевого баланса Голодной Степи, увеличив поступления солей. Процессы соленакопления при орошении преобладают над выносом солей, и вероятный ежегодный остаток солей в Голодной Степи может ныне достигать не менее 350 000 т (табл. 38).

Таблица 38

Схема возможного баланса солей в Голодной Степи

Статьи	До орошения	Тысяч тонн в год	После орошения	Тысяч тонн в год	Итого
Приход	Приносится со стороны Туркестанского хребта	150—200	1. Приносится со стороны Туркестанского хребта	150—200	—
			2. Приносится с ирригац. водами	300—450	450—650
Расход	Уносится с водами подземного стока	5	1. Уносится с водами подземного стока	5	—
			2. Уносится с водами коллектора Шурузяк	90	95

Кроме рек и сети ирригационных каналов, гидрография Дальверзин-Голодностепской равнины характеризуется большим числом озерных водоемов и сбросных болот. Наибольшее число озер (несколько десятков) встречается на первых двух террасах равнины. Своим возникновением они обязаны совокупному влиянию паводков Сыр-Дарьи и притоку сбросных вод из районов ирригации. Ряд озер встречается в пределах III Голодностепской террасы. Таково известное озеро Сардоба, периодически возникающее за счет сбросных и дренажных вод, а также несколько озер на периферии Джизакского конуса выноса. Наконец, особо отметим соленое озеро Туз-кане, расположенное на западной периферии Голодной Степи.

В 1940 г. построено огромное искусственное водохранилище Султанхауз, являющееся отстойником для вод Сыр-Дарьи перед поступлением их в район ирригации и расположенное в районе совхоза Баяут на I террасе.

Нужно также отметить большое число мелких и мельчайших водоемов — хаузов, которые население строит в своих дворах для целей водоснабжения и которые имеют большое значение в питании грунтовых вод.

Грунтовые воды Дальверзин-Голодностепской равнины и циркулирующие в них соли своим происхождением обязаны, таким образом, совокупному влиянию рек и потоков, приходящих со стороны Туркестанского хребта и Кураминских гор, и огромным массам ирригационных вод, поступающих на сушу. Последний фактор при орошении играет ведущую роль.

Современный уровень грунтовых вод на I террасе находится на глубине 0.5—2 м Вследствие периодического обмена их с водами Сыр-Дарьи они являются, как правило, пресными, и лишь в отдельных случаях наблюдается повышенная минерализация.

Грунтовые воды II террасы залегают в орошаемых районах на глубине 1—3 м, а в районах, не затронутых орошением, на 3—5 м (исключая солончаки, где они находятся на 1—1.5 м). До ирригации минера-

лизация грунтовых вод II террасы равнялась 5—10 г/л. За годы ирригации, благодаря оттоку грунтовых вод в Сыр-Дарью, минерализация их во многих случаях уменьшилась. На солончаках же в древнерусловых впадинах II террасы минерализация грунтовых вод достигает 20—30 г/л. Состав солей чаще всего хлоридно-сульфатный с большим преобладанием сульфатов. Это отличает II террасу от III террасы, т. е. от собственно Голодной Степи, которая является областью сульфатно-хлоридного засоления.

Грунтовые воды III террасы характеризуются большой неоднородностью глубины их залегания и величины минерализации. На неорошаемых лёссовых водораздельных равнинах глубина залегания грунтовых вод наибольшая и в отдельных случаях доходит до 15—20 м. При этом содержание солей в грунтовых водах колеблется от 3 до 12 г/л.

Древнерусловые депрессии имеют грунтовые воды на глубине 3—5 м, во многих же случаях они залегают на глубине 1.5—2 м. Содержание солей в грунтовых водах древнерусловых впадин достигает 40—50—70 г/л. Солончаковые шоры, встречающиеся в пределах древнерусловых впадин, имеют грунтовые воды, содержащие до 100—150 г/л солей.

Послойное изучение минерализации грунтовых вод, проведенное в районе Золотой Орды, установило, что высокоминерализованные воды, порядка 12—15 г/л, занимают лишь верхние 13 м водоносного горизонта. Глубже, на 20—30—65 м, минерализация грунтовых вод опускается до 9.2—2.8—6.7 г/л.

В староорошаемых районах произошли чрезвычайно сильные изменения в глубинах и минерализации грунтовых вод. Уровень залегания грунтовых вод на орошаемых землях III террасы держится примерно на 2—5 м. Отдельные, наименее дренированные массивы Голодной Степи имеют грунтовые воды, лежащие на глубине 1—1.5 м. Более глубокое залегание грунтовых вод (около 5 м) на орошаемых массивах встречается лишь на повышенных элементах мезорельефа, в частности на высоких водоразделах и вдоль обрыва III террасы к Сыр-Дарье (Пахта-Арал).

Системой эксплоатационных мероприятий уровень грунтовых вод в Голодной Степи к 1936—1937 гг. был значительно снижен и процессы вторичного засоления замедлены. На большей части Голодной Степи грунтовые воды лежали на глубине 2—3 м. Но с 1939 и 1940 гг., вследствие неоправданного роста водозабора, неправильного проведения промывок и введения культуры риса на хлопковых землях, уровень грунтовых вод резко поднялся и в 1942 г. на 85% поверхности узбекской части Голодной Степи установился на глубине менее 1 м.

В первый период орошения Голодной Степи, после подъема грунтовых вод, почти повсеместно отмечалось увеличение их минерализации. Однако в последнем десятилетии, вдоль большинства ирригационных каналов, там, где наблюдаются хотя бы слабый местный отток грунтовых вод и замещение их пресными ирригационными водами, произошло значительное опреснение грунтовых вод. Так, минерализация грунтовых

вод в районах, расположенных вдоль правой ветки, на массиве «Земля и труд» и в Пахта-Арале, уменьшилась до 1—3 г/л. Очень сильное опреснение отмечается М. А. Панковым в зоне Кировского магистрального канала, где содержание солей в грунтовых водах не поднимается выше 5 г/л. Неорошаемые же солончаковые массивы в пределах древнерусловых впадин за годы ирригации повысили минерализацию грунтовых вод с 10—15 до 30 г/л и выше (Шурузяк, Сардоба).

Поведение грунтовых вод в Голодной Степи за период 1939—1941 гг. специально исследовалось Н. А. Кенесариным. Сопоставляя карты глубин грунтовых вод на 1939, 1940 и 1941 гг., Кенесарин пришел к выводу, что гидрогеологический процесс за этот период был направлен в сторону увеличения запаса грунтовых вод и ежегодного подъема их уровня. Этот процесс имел повсеместное проявление, но в наиболее резко выраженной форме и раньше всего он проявился в Шурузякской и Сардобинской впадинах. Северо-западная часть Голодной Степи переживала этот процесс в ослабленной степени в связи с тем, что она была ограничена неорошаемыми территориями, а культура риса в ней долго не была разрешена.

Анализ причин подъема уровня грунтовых вод в Голодной Степи в 1940 г. в сравнении с 1939 г. обнаруживает, что решающим фактором повышения грунтовых вод в этот период была фильтрация воды в ирригационной сети и перерасход воды при поливах. В сумме оба фактора составляют 80% в числе всех причин, вызвавших повышение грунтовых вод (табл. 39). Известное значение имели также и атмосферные осадки, которых в 1940 г. выпало на 66 мм больше, чем в предшествующие годы, а также появление риса (5%) и промывки (5%).

Таблица 39

Абсолютное и относительное значение факторов, вызвавших подъем уровня грунтовых вод в 1940 г. против 1939 г.

Факторы	мм	%
Прирост осадков	66	10.4
Введение риса	33	5.2
Увеличение числа и норм поливов	143	22.5
Введение промывок	31	4.8
Рост потерь на фильтрацию в сети	363	57.1
Итого	636	100

Рост водозабора в голове Голодностепской ирригационной системы можно видеть из следующих данных Кирисупра (табл. 40).

В 1941—1942 гг. суммарный водозабор брутто по системе увеличился против 1934—1937 гг. на 2000—3000 м³/га.

Таблица 40

Динамика потребления воды в Голодной Степи
(данные Кирисупра)

Годы	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940
Расход воды в м³/га	11 400	11 600	11 300	11 700	13 170	12 500	13 575

На 1942—1943 гг. подъем грунтовых вод принял катастрофический характер, так как на 85% поверхности узбекской части Голодной Степи грунтовые воды установились на глубине около 1 м, а в казахской части (Пахта-Арал) уровень грунтовых вод поднялся до 1.5 м. В целом картину подъема уровня грунтовых вод по Голодной Степи за последние годы можно представить по следующим данным Кирисупра и СоюзНИХИ (табл. 41).

Таблица 41

Динамика глубин залегания грунтовых вод в Голодной Степи

Глубина залегания грунтовых вод, в м	Площадь грунтовых вод на май, в га		
	1938	1939	1940
Узбекская часть			
0—1	—	—	—
1—2	11 300	11 615	37 950
2—3	70 660	73 940	48 880
3—5	13 800	10 205	7 930
	95 760	95 760	94 760
Казахская часть			
0—1	—	—	—
1—2	—	10 240	2 585
2—3	—	15 368	24 810
3—5	—	16 612	14 825
	—	42 220	42 220

Весьма существенной особенностью, отличающей Голодную Степь от Ферганы и Вахша, являются исключительно высокие капиллярные свойства ее лёссовых грунтов и почв. Влага вместе с растворенными солями способна в них подниматься от грунтовой воды к поверхности на высоту до 4 м, а глубина грунтовых вод, при которой засоление почв про-

текает интенсивно,— 3 м. Отсюда возникает необходимость сильно заглублять магистральные дренажно-коллекторные сооружения в Голодной Степи.

Голодностепские почвы и лёссы при начале освоения обычно характеризуются исключительно высокой фильтрационной способностью. Общая рыхлость и пористость целинного грунта, многочисленные корневые ходы, камеры термитов и пустоты, оставленные другими насекомыми, вели к тому, что за один полив в грунтовые воды вновь распахиваемой целины уходило до 4000—4500 м^3 оросительных вод. Однако в последующем выявилось, что лёссы Голодной Степи при пересыщении их влагой обладают крайне незначительным коэффициентом фильтрации (около 0.0005) и резко выраженными плывунными свойствами.

При огромном поступлении фильтрационных вод в лёссовые грунты последние оказались не в состоянии обеспечить сток подпочвенных фильтрационных вод. Это приводило к очень быстрому как местному, так и общему поднятию и новообразованию грунтовых вод и расходу их в основном на испарение, тем более интенсивное, чем ближе они поднимались к поверхности.

В этом одна из важнейших причин вторичного засоления в Голодной Степи и потребности ее бессточных частей в усилении стока грунтовых вод с помощью коллекторов и дрен.

Дальверзинская (правобережная) часть равнины, благодаря большей естественной дренированности, характеризуется широким развитием относительно пресных грунтовых вод. Уклон потока грунтовых вод Дальверзинской степи в пределах III террасы выражается величиной порядка 0.01. Ближе к реке уклон грунтового потока делается меньше 0.001, оставаясь все же заметно больше, нежели соответственно уклон грунтовых вод голодностепской части равнины.

На I и II террасах глубина залегания грунтовых вод невелика и колеблется в пределах 0.5—4 м, будучи глубже (2—4 м) в южной части орошаемой территории (южнее Кок-тюбе) и приближаясь (1—0.5 м) к дневной поверхности в северной части равнины. Соответственно лучшей дренированности Дальверзинской степи и более интенсивному оттоку грунтовых вод минерализация их невелика. По составу солей Голодная и Дальверзинская степи являются областью хлоридно-сульфатного и сульфатно-хлоридного засоления. Однако при высоких степенях засоления состав солей характеризуется преобладанием хлоридов над сульфатами.

До начала орошения процессы соленакопления в Голодностепской равнине были приурочены к сравнительно ограниченным пространствам. Большие массивы солончаковых почв отмечались в древнерусловых впадинах II террасы реки Сыр-Дарья, в древнерусловых впадинах южных и центральных частей Голодной Степи, на периферии сухих дельт и конусов выносов рек Туркестанского хребта.

Таким образом, массы легкорастворимых солей, проходя через Голодную Степь к естественным дренам (Сыр-Дарья, Арна-сай), локали-

зовались в таких строго определенных геоморфологических условиях, где грунтовые воды находились на минимальной глубине. На всех остальных пространствах Голодностепской и Дальверзинской аллювиальной равнины до орошения господствовали процессы рассоления, и почвенный покров был представлен разновидностями сероземов. В частности, равнинные пространства II террасы на всем ее протяжении характеризуются почти повсеместным развитием солонцевато-солончаковых сероземов и своеобразных сероземных солонцов, имеющих обильные запасы солей на глубине 30—50 см и связанных с грунтовыми водами, лежащими на глубине 3—5 м.

Сходные разновидности солонцеватых сероземов и сероземных солонцов встречались на склонах древнерусловых депрессий. Пространства III террасы представлены однообразным покровом остаточно-засоленных светлых сероземов. Легкорастворимые соли в более или менее заметных количествах в этих сероземах отмечаются уже на глубине 1 м.

Орошение внесло значительные изменения в процессы соленакопления. Повсеместный подъем грунтовых вод усилил процессы засоления на недренированных территориях, а на территориях, ранее рассолявшихся, вследствие перемещения глубинных запасов солей к поверхности, вызвал развитие процессов вторичного засоления.

В наибольшей степени процессы вторичного засоления в Голодной Степи проявились на территориях древнерусловых впадин, которые оказались местными бессточными приемниками грунтовых вод и солей. Здесь вторичное засоление проявилось в крайне резкой форме и достигло стадии сплошного засоления на сильноминерализованных грунтовых водах. На остальных территориях засоление носило пятнистый характер. Высокие, прилегающие к Сыр-Дарье территории не были затронуты засолением вообще. Наоборот, здесь обнаруживается явное рассоление почв и грунтовых вод (совхоз Баяут, Дзержинское отделение совхоза Пахта-Арал). То же установлено для водораздела Шурузяк — Сардоба.

На основании экспедиционных и стационарных исследований, проводившихся в 1937—1940 гг. Почвенным институтом Академии Наук в Голодной Степи, последняя подразделена В. А. Ковда и А. Н. Розановым на 19 самостоятельных почвенно-мелиоративных районов, объединяемых 4 областями (рис. 27).

Область сухих дельт и саев (I), спускающихся с Туркестанского хребта. В пределах области сухих дельт выделяются Ломакинский — *1*, Джизакский — *2* и Урсатьевский — *3* районы, все три хорошо дренированные, обеспеченные интенсивным оттоком почвенно-грунтовых вод и характеризующиеся незасоленными светлыми сероземами. Урсатьевский и Джизакский районы сложены суглинисто-галечниковыми отложениями, Ломакинский — лёссовыми.

Область древнеэрозионных водоразделов (II). Расчленена, в свою очередь, на 5 районов: Баяутский — *4*, естественно-дренированный с рассоляющимися светлыми сероземами на лёссах;

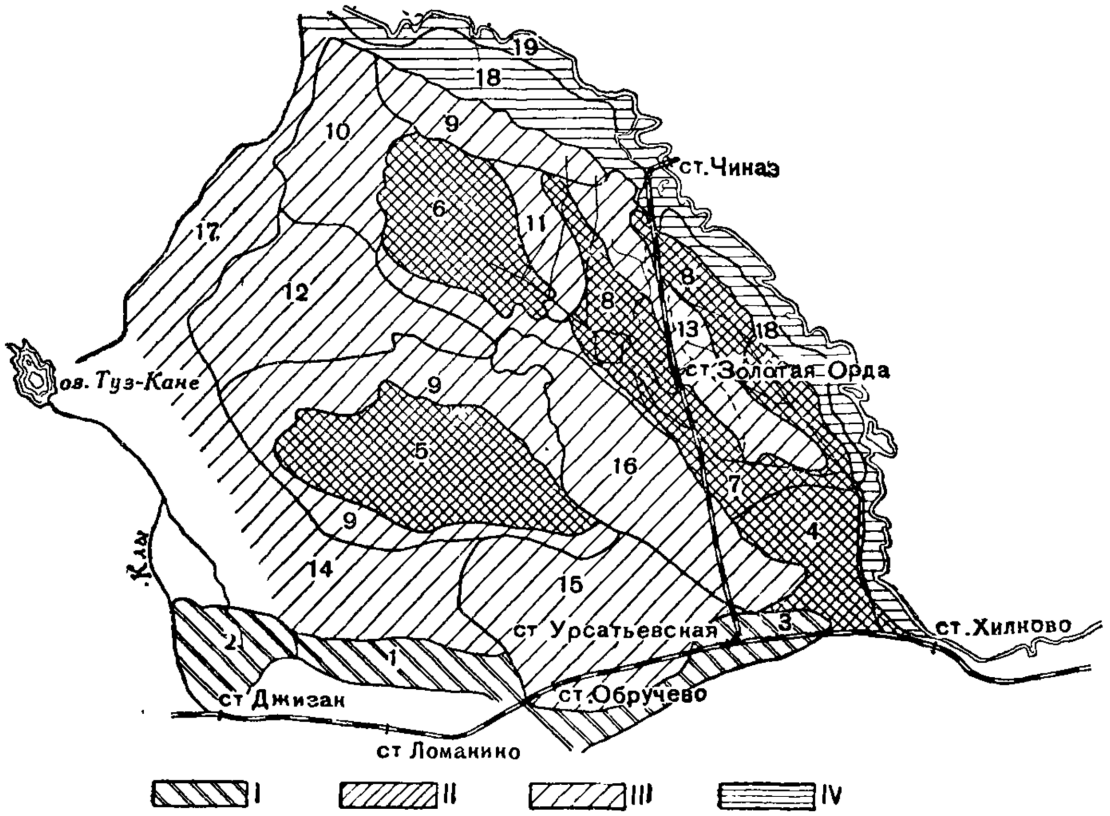


Рис. 27. Карта почвенно-мелиоративных районов Голодной Степи (В. А. Ковда и А. Н. Розанов).

Почвенно-геоморфологические районы

I. Область сухих дельт и конусов выносов:

1 — Ломакинский, лёссовый. *2* — Джизакский, галечниково-суглинистый. *3* — Урсатьевский, галечниковый. } Хорошо дренированные, с незасоленными светлыми сероземами.

II. Область древнеэрозионных водоразделов:

4 — Баяутский, дренированный, с незасоленными и слабозасоленными сероземами, на лёссах. *5* — Мурзарабадский, слабодренированный, с незасоленными и слабозасоленными сероземами, на лёссах. *6* — Северо-западный, слабодренированный, с незасоленными и слабозасоленными сероземами, на лёссах. *7* — Мирзачульский, слабодренированный, вторично-засоленный, на лёссах и глинах. *8* — Ирджарский, недренированный с преобладанием сильнозасоленных сероземов и солончаков, суглинисто-глинистых.

III. Область древнеаллювиальных депрессий и русел:

9 — Притугайный — Присардобинский, слабодренированный, с незасоленными и слабозасоленными сероземами, лёссовыми супесчанно-суглинистыми. *10* — Предкызылкумский, эродированный, с незасоленными и сильнозасоленными сероземами и солончаками, легкие суглинки и супеси. *11* — Пахта-Аральский, недренированная впадина с остаточно-засоленными и вторично-засоленными сероземами и солончаками, лёссы и супесчано-суглинки. *12* — Каройский, плоская недренированная впадина с остаточно-засоленными и солончаковыми сероземами, лёссы. *13* — Шурзякский, слабодренированная руслообразная депрессия, с солончаками и солончаковыми сероземами. *14* — Агачтинский, обширная депрессия недренированная, с солончаковатыми сероземами и солончаками на глинах. *15* — Джетысайский, система глубоких бессточных впадин с солончаками и песчаными гривами, занятыми слабозасоленными сероземами. *16* — Сардобинский, система глубоких бессточных впадин с солончаками и эродированными супесчано-суглинистыми повышениями, занятыми засоленными и солонцеватыми почвами. *17* — Арна-сайский, обширная руслообразная депрессия, система недренированных впадин с солончаками и с солончаковатыми сероземами, холмообразные супесчано-суглинистые повышения с незасоленными и слабозасоленными сероземами.

VI. Область современной долины реки Сыр-Дарьи:

18 — Ирджарский, II терраса реки Сыр-Дарьи, слабодренированная, местами недренированная, такыровидные, солончаковатые сероземы, солончаки, слоистые суглинки на песках. *19* — Тугайный, терраса Сыр-Дарьи, луговые, болотно-луговые незасоленные и засоленные почвы, пойменные озера и болота.

Почвенно-мелиоративные районы

1, 2 — районы первой очереди освоения, не требующие мелиорации, *4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 19* — районы второй очереди освоения, нуждающиеся в мероприятиях по борьбе с засолением путем сооружения редкой коллекторной сети и в отдельных случаях местных дрен. *3, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18* — районы третьей очереди освоения, требующие тяжелых мелиораций по рассолению существующих солончаков с помощью дренажно-коллекторных сооружений и длительных промывок.

Мурзарабадский — *5*, Северо-западный — *6*, Мирзачульский — *7*, Ирджарский — *8* — слабодренированные, характеризующиеся местным медленным оттоком почвенно-грунтовых вод в сторону древнерусловых понижений. Сложены остаточно-засоленными светлыми сероземами на лёссах. При орошении эти районы обычно с большей или меньшей скоростью рассоляются.

Область древнеаллювиальных депрессий и русел (III). Разделена нами на 9 районов. В целом область древнерусловых депрессий характеризуется бессточностью, значительной засоленностью почв до орошения и резко выраженной склонностью к накоплению грунтовых вод и подъему их уровня, развитию заболачивания и засоления. Наименее дренированными и наиболее засоленными из них являются районы *13, 16, 15, 14, 17* (Шурузяк, Сардоба, Джеты-сай, Агачты, Арна-сай). Районы *9, 10, 11,* расположенные на склонах к древнерусловым депрессиям, обладают очень слабым местным оттоком грунтовых вод и несколько более благоприятными почвенно-мелиоративными условиями. Районы III области страдают от вторичного засоления и нуждаются в сооружении коллекторов и на многих участках дренажа.

Область современной долины реки Сыр-Дарья (IV). Подразделена на 2 района: II терраса Сыр-Дарьи — *18*, слабодренированная, с такыровидно-солончаковатыми сероземами и солончаками, и тугайная терраса Сыр-Дарьи — *19*, с луговыми, лугово-болотными, незасоленными и засоленными почвами.

Сочетание ряда неблагоприятных условий (мелкоземистые плохопроницаемые грунты и слабая естественная дренированность, огромный водозабор, малая протяженность и плохая работа дренажно-коллекторной сети) способствовало тому, что в районах III и частично даже II области имело место резко выраженное засоление, сопровождавшееся катастрофическим ухудшением состояния земельного фонда.

Подсчеты площадей различно засоленных почв за время с 1908 по 1935 гг., произведенные М. А. Панковым на сводных почвенных картах Голодной Степи, обнаруживают (табл. 42), что за первый период орошения к 1923—1924 гг. площадь незасоленных почв в Голодной Степи уменьшилась почти вдвое, а площадь сильнозасоленных почв и солончаков увеличилась в два с половиной раза.

К 1934—1935 гг. площадь сильнозасоленных почв и солончаков увеличилась уже почти в 5 раз, достигнув 73 000 га, что составляет 43% всей орошенной площади. Доля незасоленных почв снизилась к этому времени до 13.4%. Таким образом, в сумме засоленные почвы занимали, по подсчетам М. А. Панкова, к 1935 г. 86.6% поверхности. Однако, как мы писали выше, во многих районах II области рост засоления прекратился или сменился процессами рассоления почв и грунтовых вод.

В составе земель узбекской части Голодной Степи преобладают (93%) тяжело- и среднесуглинистые светлые серозёмы с однородным строением профиля; лишь 7% поверхности представлено луговыми и

Таблица 42

Динамика роста площади засоленных почв в Голодной Степи
(данные М. А. Панкова)

Годы	Незасоленные	Слабозасоленные	Засоленные	Сильнозасоленные	Солончаки и солончаковые почвы	Итого
1908—1911						
Площадь, в га	91 512.3	31 856.6	27 330.2	3 572.2	11 809.9	169 081.2
» в %	55.9	18.8	16.2	2.1	7.0	100
1923—1924						
Площадь, в га	49 464.0	35 730.6	44 497.8	21 125.6	18 567.0	169 385.0
» в %	29.2	21.1	26.4	12.4	10.9	100
1934—1935						
Площадь, в га	22 762,0	50 848.5	22 356.8	33 252.7	40 286.0	169 506.0
» в %	13.4	29.9	13.3	19.6	23.8	100

лугово-болотными почвами (Д. М. Секирин). Однородность грунтов, слагающих Голодную Степь, исключительно велика. Галечников, подстилающих и дренирующих почвы, за немногим исключением, почти нет. Низкая естественная дренированность предопределяет опасную для Голодной Степи общую тенденцию ко вторичному засолению и преобладание в ее земельном фонде засоленных почв (табл. 43).

Таблица 43

Земельный фонд узбекской части Голодной Степи по засолению и культурному состоянию почв
(данные СоюзНИХИ, в га)

Почвы	Незасоленные	Слабозасоленные	Среднезасоленные	Сильнозасоленные и солонч.	Солончаковатые	Итого
Сероземы светлые нового орошения	10 260	23 038	8 000	4 329	1 259	46 906
То же, перелоги	60	5 056	9 796	9 278	873	25 063
То же, целина	—	2 856	9 257	18 393	—	30 506
Луговые почвы нового орошения	93	627	92	109	—	921
То же, целинные	—	207	—	2 661	—	2 868
Лугово-болотные почвы .	—	—	—	563	—	563
Тугайный комплекс луговых, лугово-болотных и болотных почв	—	—	—	3 494 [1]	—	3 494
	10 413	31 804	27 145	38 827	2 132	110 321

[1] Засоление тугайного комплекса представлено весьма пестро, но преобладает среднее и сильное засоление.

Среди перелогов и целин преобладают почвы средне- и сильнозасоленные, составляющие в сумме около 53 000 га, т. е. 48% поверхности. Среди поливных почв засоленные занимают значительно меньшую площадь, лишь около 30%. Незасоленные и слабозасоленные почвы Голодной Степи занимают высокие древние водораздельные лессовые равнины III террасы. Слабозасоленные и засоленные почвы, встречающиеся среди общего массива этих почв в виде пятен, составляют 10—15% поверхности. Обычно эти пятна приурочены к микроповышениям.

Пространства более пониженные, расположенные на периферии орошаемых участков, часто заняты среднезасоленными почвами, имеющими пятна сильнозасоленных почв и солончаков. Сильнозасоленные почвы и солончаки генетически и географически связаны с древнерусловыми депрессиями. Общая площадь этих почв по узбекской части Голодной Степи достигает 38 000—39 000 га. Солонцеватые почвы приурочены в основном ко II террасе реки Сыр-Дарьи, их площадь около 2000 га.

В связи с разнообразием происхождения почвообразующих пород почвенный покров Дальверзинской степи очень сложен и разнороден.

Аллювиальные террасы реки Сыр-Дарьи характеризуются слоистыми грунтами, отличаются благоприятными условиями дренированности и представлены незасоленными луговыми и лугово-болотными почвами. Площадь их около 11 000 га.

Более высокие территории характеризуются развитием сероземов, частью на однородных грунтах, частью на слоистых и подстилаемых галечниковыми горизонтами.

Таким образом, дренированность верхней террасы и предгорных частей также благоприятна. Тем не менее соленосность подстилающих пород сообщает грунтовым водам, циркулирующим в толще грунта, повышенную минерализацию и способствует засолению почв.

Из общей площади земельного фонда Дальверзинской степи, по данным СоюзНИХИ, на незасоленные почвы приходится 37%, а 63% поверхности представлено почвами той или иной степени засоленности (табл. 44). Для Дальверзинской степи характерно также заметное участие такыровидных и солонцеватых разностей почв.

Вследствие необеспеченности водой Дальверзинская степь обладает еще очень большой площадью неиспользованных неорошаемых земель.

12. Важнейшие мероприятия по борьбе с засолением в Голодной Степи

Опыт 1934—1937 гг. показал, что в Голодной Степи можно успешно бороться с подъемом грунтовых вод системой эксплоатационных мероприятий. Ведущим мероприятием по предупреждению и борьбе с засолением и заболачиванием почв в Голодной Степи на ближайший период должно быть жесткое ограничение суммарного водозабора в голове системы, с доведением его до величин порядка 11 000 м³/га брутто (вклю-

Таблица 44

Характеристика земель Дальверзинского массива по засолению и солонцеватости почв

(данные СоюзНИХИ, в га)

Почвы	Незасоленные	Слабозасоленные	Среднезасоленные	Сильнозасоленные и солонч.	Солонцеватые	Итого
Сероземы светлые						
Давнего орошения	7 279	—	—	—	—	7 279
Нового орошения	8 624	9 924	1 9	—	200	18 877
Неорошаемые	18 890	—	25 726	10 143	—	54 759
Луговые почвы						
Давнего орошения	193	—	—	—	—	193
Нового орошения	2 459	4 284	4 031	1 214	—	11 988
Неорошаемые	—	—	1 015	3 579	—	4 594
Лугово-болотные почвы						
Орошаемые	—	384	—	—	—	384
Неорошаемые	—	—	289	—	—	289
Болотные почвы . .	—	—	—	2 374	—	2 374
	-	—	—	—	—	100 737

чая промывки и зимние поливы), а также коренное улучшение водопользования и техники поливов.

Дальнейшее распределение воды должно производиться на основах планового вододеления и отпуска воды между районами и колхозами, с тем чтобы внутрихозяйственный КПД был не ниже 0.75.

Далее совершенно необходимо коренным образом пересмотреть вопрос о культуре риса в Голодной Степи, запретив возделывание риса мелкими распыленными участками на хлопковых и приусадебных участках. Культуру риса в дальнейшем в Голодной Степи возможно сосредоточить на нижней террасе и на отдельных солончаковых перелогах, намеченных к освоению и обеспеченных оттоком грунтовых вод.

Не менее важное значение должна будет иметь организация правильного проведения промывок вновь осваиваемых солончаковых перелогов. Освоение внутриоазисных перелогов в Голодной Степи должно происходить при строгом учете общих почвенно-мелиоративных условий того района, в котором они расположены. Большинство перелогов Голодной Степи расположено в пределах области древнерусловых бессточных понижений. Эти перелоги, вследствие высокой засоленности почв, близости и высокой минерализации грунтовых вод, должны осваиваться только при наличии хорошо работающей глубокой дренажно-

коллекторной сети, обеспечивающей проведение многолетних промывок и отвод почвенно-грунтовых вод и солей.

Перелоги, расположенные в области водоразделов, как правило, отличаются несравненно меньшей засоленностью и более благоприятными условиями оттока почвенно-грунтовых вод. Поэтому их освоение и проведение, в случае нужды, промывок возможно производить без дополнительного строительства дренажно-коллекторных сооружений.

В последние годы в Голодной Степи широко практикуются профилактические зимние поливы для регулирования солевого режима. Однако во многих случаях они производятся и на незасоленных почвах, несмотря на то, что в осенне-зимний период выпадает достаточно большое количество атмосферных осадков. Вследствие этого из фактора положительного профилактические зимние поливы при таких условиях превращались во многих случаях в фактор отрицательный, способствующий подъему грунтовых вод. В дальнейшем необходимо уточнить районы и площади применения профилактических поливов, ограничивая их только засоленными почвами, запасные же поливы на незасоленных почвах допускать лишь в сухую, не обеспеченную атмосферными осадками, зиму.

Орошение почв Голодной Степи должно дифференцироваться в зависимости от засоленности почв, близости и минерализации грунтовых вод. При средней поливной норме 800—1000 м^3 на незасоленных почвах с близкими пресными грунтовыми водами (преимущественно водораздельные районы, особенно вдоль магистральных и отводных каналов) нужно давать 3—4 полива. На незасоленных почвах с глубокими грунтовыми водами (глубже 3.5—4 м) и на засоленных почвах следует давать 4—5 поливов. Наконец, на сильнозасоленных почвах, особенно на вновь осваиваемых солончаковых перелогах, обеспеченных дренажем (т. е. преимущественно в районах бессточных древнерусловых депрессий), необходимо давать наибольшее число поливов — 5—6 — для регулирования солевого режима в течение вегетационного периода. После рассоления солончаков возможно переходить на нормальный режим орошения.

В связи с Фархадским строительством в Голодной Степи появляются дополнительные источники воды и будет построен Южный канал с системой своих распределителей. Необходимо в период строительства обеспечить проведение простейших противофильтрационных мероприятий (замочка, ручная трамбовка, заиление). Этими простейшими мероприятиями можно будет в значительной степени ослабить неизбежную в голодностепских лёссах потерю огромных количеств воды в первые годы работы новых каналов.

Проведение перечисленных мероприятий позволит уменьшить питание грунтовых вод в Голодной Степи и этим добиться в течение 2—3 лет значительного их снижения.

Другая группа мелиоративных мероприятий в Голодной Степи должна быть направлена на усиление стока и понижение уровня грун-

товых вод в бессточных районах степи (Шурузякская, Джетысайская, Сардобинская, Агачтинская впадины).

Подсчеты водного баланса Голодной Степи, произведенные В. А. Ковда, М. М. Крыловым, Н. А. Кенесариным, несмотря на различный подход к расчетам, согласно показывают необходимость доведения расхода дренажно-коллекторной сети в период массового освоения солончаковых перелогов, требующих многолетних промывок и усиленного орошения, до 12—15 м³/сек. В настоящее же время общеголодностепский коллектор Шурузяк и его сеть (коллектор Кендык, Койбаткан, Железнодорожный и др.) выводят за пределы Голодной Степи едва ли более 2—3 м³/сек, не справляясь с отводом грунтовых и промывных вод. Правда, в 1941—1942 гг. Шурузяк был переполнен сбросными водами с полей риса, и его расход в отдельные периоды, вероятно, достигал 8—10 м³/сек, но грунтовые воды и соли при этом не выводились, а интенсивно питались со стороны Шурузяка. Поэтому основным условием устойчивого освоения засоленных земель, повышения коэффициента земельного использования и ликвидации процессов засоления в депрессиях являются расширение и расчистка Шурузяка до полной ликвидации подпора впадающих в него коллекторов и дренирование засоленных и заболоченных земель Шурузякской, Джетысайской, Сардобинской впадин.

Без этих условий попытки освоения перелогов, в большинстве очень сильно засоленных, будут лишь ухудшать мелиоративное положение всей Голодной Степи, так как перелоги являются ныне регуляторами водно-солевого режима оазиса.

В связи с развитием орошения в южной части Голодной Степи водами Южного голодностепского канала необходимо будет запроектировать постройку сети коллекторов для дренирования Джетысайской, Агачтинской и, вероятно, Каройской впадин, в которых без этого мероприятия будет развиваться сильно выраженное вторичное засоление.

Пылеватый механический состав голодностепских лёссов и их исключительно высокая способность к капиллярному поднятию и передвижению растворов заставляют требовать заложения коллекторов на глубину до 3.5—4 м и дрен — 2.5—3 м.

Выше было отмечено, что Голодная Степь до орошения была областью частичного рассоления. В процессе орошения, вследствие грубых ошибок в эксплоатации и технике поливов, а также плохой эксплоатации коллекторной сети, в Голодной Степи имело и имеет место резко выраженное вторичное засоление, выводившее из строя значительные площади земель. Однако за 40 лет орошения ряд земельных массивов Голодной Степи уже вступил в фазу рассоления грунтовых вод и почвенного покрова.

Поэтому есть все основания считать, что проведение комплекса важнейших перечисленных выше мероприятий при одновременном повышения уровня агротехники и введении травопольных севооборотов позволит не только ликвидировать процессы засоления, но и добиться

прогрессивного общего улучшения мелиоративного состояния этого громадного и исключительно перспективного оазиса.

13. Поволжские аллювиальные равнины

Для того чтобы закончить рассмотрение основных типов ландшафтов, в которых расположены наиболее крупные ирригационные районы Советского Союза, необходимо отдельно остановиться на Поволжской аллювиальной равнине, по своей геоморфологии, гидрогеологии и почвенному покрову характерной для степей полузасушливого юга и юго-востока Советского Союза (Поволжье, Донские, Приманычские, Ставропольские степи, Южная Украина).

Поволжская аллювиальная равнина представляет интерес также и потому, что процессы естественного и вторичного, связанного с ирригацией, соленакопления здесь приобретают очень слабое выражение, находясь как бы на северной границе их возможного проявления.

Обширные пространства Поволжской аллювиальной равнины сложены на всем ее громадном протяжении разнообразными дельтово-аллювиальными, аллювиальными и отчасти делювиальными отложениями, происхождение которых связано с аккумулирующей деятельностью реки Волги, ее притоков и влиянием Каспийского моря.

Весь комплекс рыхлых поверхностных отложений, слагающих Поволжскую аллювиальную равнину, покоится на морских и континентальных отложениях начала четвертичного и конца третичного времени, лежащих, в свою очередь, на мезопалеозойских (карбон и пермь) породах, слагающих возвышенности Общий Сырт на севере и северо-востоке Поволжья и выходящих на дневную поверхность в ряде районов южной части Поволжской равнины в виде небольших поднятий (горы Богдо, Эльтон, Чапчачи и др.).

Южный и юго-западный отроги Общего Сырта двумя валами, сложенными мезопалеозойскими породами, с большим числом соляных куполов, создают как бы глубокие погребенные депрессии, выполненные соленосными акчагыльскими отложениями, а также образуют совместно с упомянутыми выше возвышенностями подземные барьеры, затрудняющие сток грунтовых вод и способствующие их засолению.

Поволжская аллювиальная равнина характеризуется, как и большинство других подобных равнин, резко выраженной асимметрией. Ее высокая правобережная часть состоит из комплекса древних террас, прислоненных к Приволжской возвышенности, представленных неширокими полосами, в отдельных местах смытыми нацело и выпадающими на более или менее значительном пространстве.

Комплекс древних аллювиальных террасовых отложений Правобережья прислонен к мезопалеозойским отложениям Приволжской возвышенности, являющейся коренным западным берегом реки Волги на всем ее протяжении до Каспийской низменности.

Левобережная часть равнины, наоборот, получает исключительно

широкое и полное развитие. Геоморфология Заволжской левобережной части равнины представлена следующими основными областями:

А. Каспийская древнедельтовая равнина.

Б. Сыртовая эродированная древняя аллювиальная равнина.

В. Террасы реки Волги и ее притоков.

А. КАСПИЙСКАЯ ДРЕВНЕДЕЛЬТОВАЯ РАВНИНА

Поволжские аллювиальные равнины, начиная от широты Камышина и южнее, представлены бесконечными равнинными пространствами так называемой Каспийской низменности, которая на этом участке является древней дельтовой морской областью. Исследования В. А. Ковда, проведенные в 1932—1935 гг., показали, что Каспийская низменность на этом пространстве (в северо-западной своей части) сложена подводными и наземными отложениями дельты реки Волги, многократно перемещавшейся на пространстве между Астраханью и Камышиным и между Сарпинскими озерами и Камыш-Самарскими разливами. С перемещением дельты Волги к юго-востоку новое русло реки размывало отложенные ранее дельтовые отложения и формировало новые отложения.

Трансгрессии Каспия, имевшие место в четвертичное время, послужили основным фактором многократного перемещения к северу и постепенного движения дельты Волги к югу, с фиксацией ее на тех линиях берега моря, которые были относительно более устойчивыми и длительными.

Высоты Каспийской низменности у берега Каспия имеют отметки порядка —24, —26 м. Северные границы равнины расположены от берега моря на 500—600 км, имеют отметки +25, +40 м, совпадая с северными границами берега Каспийского моря в период Хвалынской трансгрессии.

На общей ровной поверхности Каспийской равнины резко возвышаются курганы, холмы и возвышенности, представляющие соляно-купольные образования, сложенные пермскими и карбоновыми соленосными отложениями и соляными штоками. Высотные отметки этих возвышенностей достигают +150 м (гора Богдо). Остальные возвышенности (гора Улаган, водораздел Эльтон и Аще-Узяк) имеют отметки в пределах 50—60—70 м.

С другой стороны, на равнинной поверхности низменности резко выделяются озерные тектонические впадины Эльтон, Баскунчак, Индер, имеющие отметки —15, —19 и представляющие современные центры резко выраженного соленакопления. Но значительно шире на поверхности низменности представлены озеровидные впадины, русловые депрессии и так называемые лиманы (временные степные озера), которые своим происхождением обязаны деятельности древних русел и протоков в период существования и миграции древней дельты Волги.

Глубокие впадины, как, например, лиман Тажи, озера Горькое, Бот-

куль, Арал-сор, соляные грязи Хаки, являются местными базисами эрозии и аккумуляции легкорастворимых солей и представляют очаги современного соленакопления и образования солончаков. Бо́льшая же часть плоских и мелких лиманных понижений, заполняющаяся периодически пресной водой, занята роскошной луговой растительностью и луговыми, иногда осолоделыми почвами.

Преобладающие пространства Каспийской низменности представлены равниной, характеризующейся своеобразным бугорчатым микрорельефом и сетью слабо выраженных четковидных западинных понижений, являющейся, повидимому, заиленной отмершей древней гидрографической сетью, частично обязанной просадкам. К югу равнинное пространство сменяется барханным и грядовым рельефом песков

Породы, слагающие Каспийскую древнедельтовую равнину в пределах ее приволжской части, отличаются необычайной пестротой литологии, что связано с условиями их накопления. Преобладают облёссованные палевые суглинки, которые на глубине 50—100 см сменяются древнеаллювиальными и древнедельтовыми слоистыми отложениями, часто с включением каспийских моллюсков. Наиболее повышенные приволжские пространства и районы, близкие к Астрахани, сложены песками и супесями. Лиманы, озерные впадины и соляные грязи выполнены тяжелосуглинистыми и глинистыми слоистыми отложениями сизых и оливковых, иногда черных цветов. Вдоль четковидных понижений по берегам многочисленных лиманов и озерных депрессий прослеживаются слабо выраженные террасы, сложенные ленточно-слоистыми глинистопесчаными породами. Многие пространства Каспийской низменности с высотами до +10 м образованы чрезвычайно тяжелыми слоистыми соленосными, так называемыми шоколадными, глинами.

Русло реки Волги по отношению к поверхности Каспийской низменности очень сильно врезано. Разница высоты между господствующей поверхностью равнины и меженным уровнем реки достигает 30—40 м. Таким образом, русло реки является мощной естественной дреной, к которой направлен поток грунтовых вод в поволжской части Каспийской равнины.

Влияние этой большой мощной естественной дрены с густой сетью оврагов, секущих берег, сказывается на обширной территории, тянущейся вдоль берега поясом шириной 30—40 км, понижая грунтовые воды низменности в этом поясе до глубины 20—25 м и полностью исключая их влияние на почвообразовательный процесс.

Из остальных рек Каспийской равнины можно упомянуть о Большом и Малом Узенях, идущих почти параллельно и врезанных по отношению к поверхности Каспийской низменности на 8—10 м. Обе реки также обладают дренирующим влиянием, снижая в 2—5-километровой полосе вдоль русла уровень грунтовых вод до 7—10 м. Однако в низовьях Узеней, последние, являясь бессточными «слепыми» реками, играют роль уже не дрен, а каналов, питающих и поднимающих грунтовые воды.

Известным дренирующим влиянием обладают также глубоко опущенные (на 50, на 80 м) в сравнении с поверхностью низменности озера Баскунчак и Эльтон.

Недренированные территории, преобладающие в Каспийской низменности, имеют грунтовые воды, лежащие на глубине 3—4, 5—6 м. При этом грунтовые воды через капиллярные и пленочные токи оказывают довольно сильное влияние на почвообразовательный процесс, обусловливая слабое, так называемое подсолонцовое, засоление на глубине 30—50 см от поверхности почвы (В. А. Ковда). Верхние горизонты почвы при этом уже рассоляются.

Наименее дренированные центральные части Каспийской низменности, впадины лиманов, озер и соляных грязей, являющиеся собирателями и испарителями грунтовых вод, характеризуются залеганием последних на глубине от 0—50 до 150 см. В этом случае грунтовые воды, расходуясь на испарение, обусловливают современное интенсивное соленакопление и образование сплошных солончаков и соляной рапы.

В районах распространения бугорчатого микрорельефа, характеризующегося непрерывным чередованием повышений и понижений с разностью высот между ними 30—50 см, констатируется, особенно весной, после таяния снега, разница в уровне грунтовых вод между пониженным элементом микрорельефа и повышенным. Эта разница достигает 30—40 см и обязана фильтрации и притоку снеговых пресных вод в микропонижения.

Сравнительно неглубоко, на 4—5 м, залегают грунтовые воды в четковидных древнерусловых заиленных депрессиях, собирающих в зимнее время снег, а осенью и весной — дождевые и талые воды. В соответствии с условиями питания, стока и испарения грунтовых вод в различных частях Каспийской низменности они отличаются исключительным разнообразием в отношении минерализации.

Солончаковые депрессии, приозерные солончаковые террасы, пространства соляных грязей характеризуются наиболее высокой минерализацией грунтовых вод, достигающей величины 120—150—200 г/л, с подавляющим преобладанием в составе легкорастворимых солей хлористого натрия и отчасти хлористого магния.

Равнинные пространства центральных частей низменности с бугорчатым микрорельефом имеют минерализацию грунтовых вод порядка 5—10—17 г/л. Микрорельефные понижения, являющиеся путями поступления фильтрационных снеговых и дождевых вод, имеют более пресные грунтовые воды. Грунтовые же воды под микробугорками, обычно занятыми солончаковыми солонцами, являются более минерализованными.

Наибольшее опреснение грунтовых вод наблюдается в крупных впадинах — лиманах, собирающих пресные осенне-зимне-весенние воды с больших водосборных площадей. Грунтовые воды этих пространств имеют плотный остаток не выше 2—3 г/л, а иногда 0.5—1 г/л; они образуют основные запасы пресных питьевых вод, используемых населением.

Дренированные приволжские районы Каспийской древнедельтовой

равнины имеют пресные и сравнительно однородные на больших пространствах грунтовые воды с минерализацией 1.5—0.5 г/л.

Грунтовые воды, грунты и почвы Каспийской низменности поражают исследователей исключительно высокой степенью засоления.

Находясь в геосинклинальной области, почти на всем протяжении своей геологической истории Каспийская низменность была центром накопления механических и химических осадков. Особенно интенсивное соленакопление в той впадине, где ныне находится Каспийская низменность и прилегающие к ней территории Приуралья и Общего Сырта, имело место в пермское время, когда отложились толщи соленосных пород и чистая каменная соль.

Ныне вследствие своеобразных процессов соляной тектоники массы каменной соли приподняты в виде куполов до дневной поверхности, во многих случаях с образованием холмов, возвышающихся над Каспийской равниной. Соляные купола, по подсчетам Нумерова и Фотиади, широко распространены на поверхности Каспийской низменности, в среднем по одному на каждые 356 км^2. К типичным соляным куполам относятся возвышенности Улаган, Чапчачи, Богдо, Озинки, Бишчохо и многие другие. В процессе денудации, а также при растворении потоками подземных вод, соли купола в огромных количествах поступают в грунтовые воды, грунты и почвы Каспийской низменности.

С соляными куполами, как решающим источником солей в Каспийской низменности, необходимо, таким образом, связать исключительно высокую засоленность и подавляющее преобладание в составе солей хлористого натрия. Озеро Эльтон, расположенное в провале одного из таких соляных куполов, получает легкорастворимые соли не только от тех рек, которые впадают в него, но и за счет систематического поступления солей, выносимых поверхностным и подземным стоком из гор Улаган и Пресный лиман, окаймляющих озеро. Содержание солей в воде озера Эльтон достигает величины около 456 г/л.

По ориентировочным косвенным подсчетам, проведенным В. А. Ковда, крупные соляные купола в Каспийской низменности могут ежегодно отдавать до 300 000—500 000 т солей в окружающие их пространства.

Вторым не менее важным источником легкорастворимых солей в грунтах и грунтовых водах Каспийской низменности являются соли, оставленные в период трансгрессий в осадках Каспийского моря.

Пополняется также запас солей в Каспийской низменности водами поверхностного стока, приносящими со стороны Сыртовой равнины значительные количества солей. Главная роль здесь принадлежит бессточным рекам — Большому и Малому Узеням.

Подсчет и сопоставление величин притока солей с величинами вероятного выноса их через такие естественные дрены, как Волга и Урал, а также с подземным стоком в Каспий позволили В. А. Ковда притти к выводу, что, несмотря на колоссальные запасы и ежегодные поступления солей в Каспийскую низменность, последняя с точки зрения солевого баланса является областью рассоления.

Областями рассоления являются пространства Каспийской равнины, расположенные широкой лентой в 30—40 км вдоль русла реки Волги. Охвачены рассолением также районы, прилегающие к рекам Большой и Малый Узени в их среднем течении. Наконец, районом рассоления является также северная часть Каспийской низменности, лежащая на высотах +30, +40 м и рассеченная реками Еруслан и Торгун, а также различного рода оврагами и мелкими притоками Узеней.

Почвенный покров Каспийской древнедельтовой равнины резко различается в зависимости от условий естественной дренированности территории. Высокие, наиболее древние, сравнительно хорошо дренированные пространства северной части Каспийской низменности, расположенные на контакте с Сыртовой равниной, представлены рассоляющимися, опресненными (иногда с признаками солонцеватости и отдельными пятнами остепненных солонцов) светлокаштановыми и каштановыми почвами. При орошении эти районы не угрожают вторичным засолением.

Еще более благоприятными свойствами обладают пространства Каспийской равнины, расположенные вдоль Волги и сложенные сравнительно легкими песчанистыми материнскими породами. Светлокаштановые, супесчаные и песчанистые почвы этого района рассолены на большую глубину и при орошении не могут подвергнуться засолению. Исключение могут составлять те массивы Приволжского района Каспийской низменности, которые сложены шоколадными глинами (вдоль Ахтубы). Высокая соленосность этих глин и практически полная их водонепроницаемость может привести к образованию высокоминерализованных грунтовых вод и к развитию вторичного засоления.

Благоприятные мелиоративные показатели свойственны также приузенским частям Каспийской низменности, представленным солонцеватыми рассоляющимися почвами и древнелуговыми почвами падин.

Все остальные районы Каспийской низменности вследствие их ничтожной дренированности, высокой минерализации грунтовых вод, большой соленосности грунтов характеризуются широким развитием комплексов сильносолончаковатых солонцов и рассоляющихся почв лиманов, падин и микродепрессий.

Бессточные части Каспийской низменности, являющиеся центрами современной аккумуляции солей, представлены солончаками (Хаки, Тажи, Пришиб, Ботхул и др.) и для сельского хозяйства непригодны.

Сопоставляя Каспийскую низменность с современной дельтой реки Волги и с дельтами других рек, расположенными в условиях климата пустынь, можно представить, что эволюция почвенного покрова древнедельтовой равнины Каспийской низменности заключалась примерно в следующем:

Новейшие дельтовые отложения пережили свойственные дельтам болотный, лугово-болотный и луговой процессы почвообразования, которые в дальнейшем, по мере обсыхания, сменились лугово-солончаковыми и солончаковыми процессами.

Переход дельтово-аллювиальной равнины к пустынно-степному

режиму способствовал господству процессов соленакопления. Повторные колебания базиса эрозии Каспия, подпирая Волгу и ухудшая сток грунтовых вод, в свою очередь способствовали подъему грунтовых вод и усилению нарастающего процесса соленакопления.

Установление дельты Волги у современного базиса эрозии и опускание русла Волги до современной глубины, наряду с общим поднятием

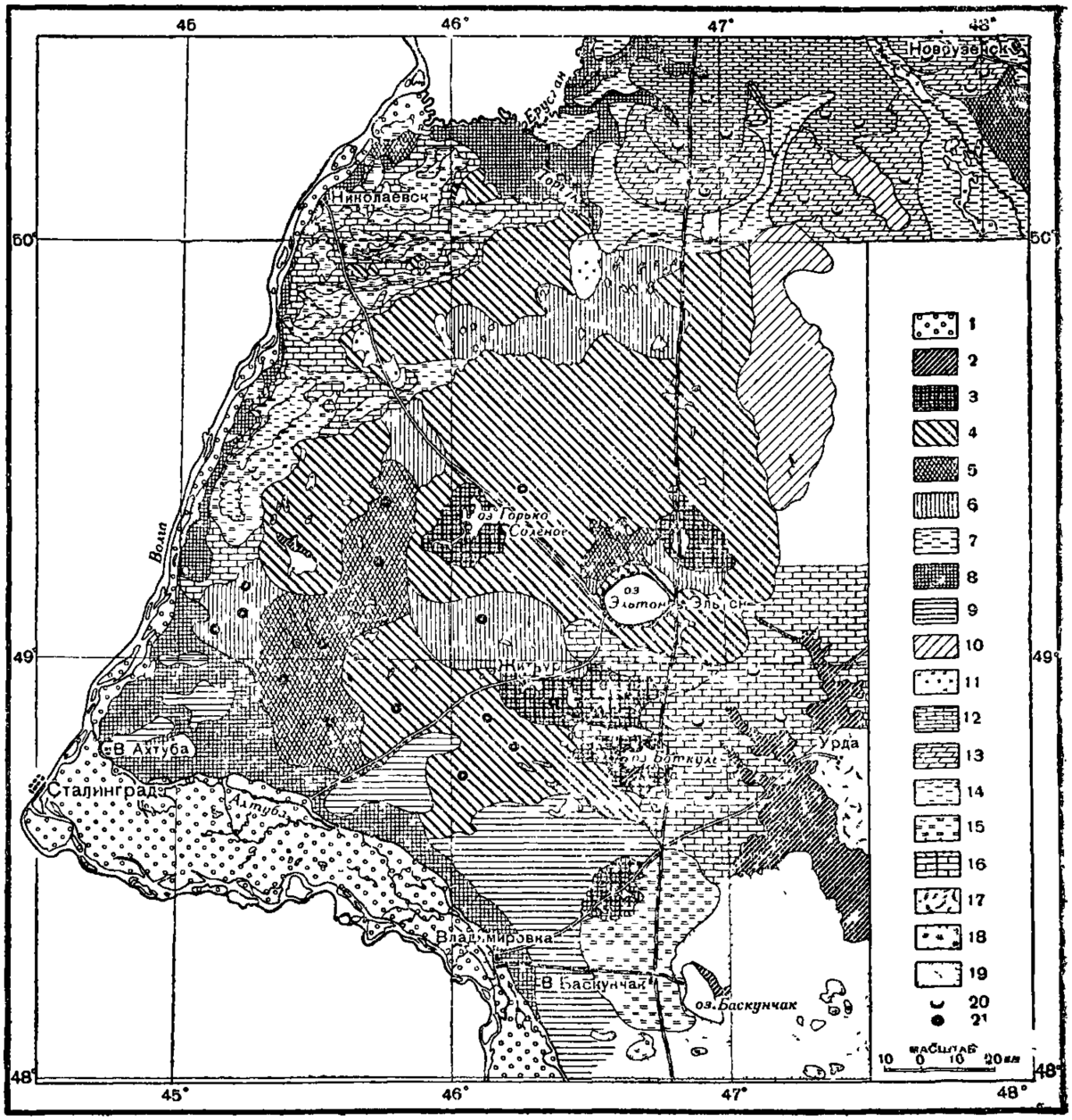


Рис. 28. Почвы северо-западной части Каспийской низменности (В. А. Ковда).

Условные обозначения:

1 — аллювиальные почвы пойм. *2* — солончаки. *3* — комплекс луговых темноцветных почв солончаковатых солонцов — более 60% поверхности. *4* — то же, 60—40% поверхности. *5* — то же, 20—40% поверхности. *6* — то же, но меньше 20%. *7* — комплекс луговых темноцветных почв и остаточно-солончаковатых солонцов, около 20% поверхности. *8* — то же, но солонцов 20—40% поверхности. *9* — то же, но более легкого механического состава, солонцов менее 20% поверхности. *10* — светлокаштановые тяжелосуглинистые почвы с пятнами солонцов. *11* — солоди и темноцветные почвы лиманов и больших падин. *12* — светлокаштановые слабосолонцеватые, суглинистые почвы. *13* — светлокаштановые суглинистые. *14* — светлокаштановые песчаные. *15* — светлокаштановые супесчаные, *16* — светлокаштановые песчанистые и пылевато-суглинистые. *17* — пески грядово-бугристые. *18* — пески развеваемые. *19* — песчаные почвы и закрепленные пески. *20* — остепненные солонцы в комплексе до 10% поверхностн. *21* — солоди падин и лиманов в комплексе.

Каспийской низменности, обусловили в конечном счете начало медленных процессов рассоления наиболее древних и наиболее дренированных частей равнины, с образованием на их поверхности каштановых почв. В лиманных и падинных понижениях, повидимому, непрерывно поддерживался луговой режим и господствовало рассоление почв.

Недренированные же части Каспийской низменности, являясь областями местного накопления легкорастворимых солей, низовья рек Горькая, Дюра, Б. и М. Узени продолжают и поныне оставаться районами засоления, где минерализация грунтовых вод достигла исключительно больших размеров (100—200 г/л) и где господствует солончаковое почвообразование.

Анализ физико-географических условий и почвенного покрова Каспийской низменности показывает, что для широкой ирригации в Каспийской низменности имеется ряд весьма благоприятных районов, не требующих больших затрат на мелиоративные работы. Часть районов может с успехом орошаться без опасности вторичного засоления при условии проведения сравнительно небольших мелиоративных мероприятий. Наконец, есть районы, требующие капитальных мелиоративных работ по борьбе с существующим засолением, а также районы, орошение которых при современной технике нецелесообразно.

Соответственно северо-западная часть Каспийской низменности может быть разделена на 5 групп мелиоративных районов.

Первая группа мелиоративных районов охватывает довольно значительные естественно дренированные территории общей площадью до 700 000 га, расположенные, главные образом, вдоль реки Волги (Приволжская гряда и III древняя терраса реки Волги) и к западу от озера Баскунчак. Преобладающие здесь почвы легкого механического состава отличаются незасоленностью и очень глубоким (15—17 м) уровнем залегания пресных грунтовых вод. Недостатком этой группы районов является опасность большой потери воды в каналах в связи с повышенной фильтрационной способностью грунтов. Отдельные пятна солонцов относятся к типу остепненных, и химические мелиорации для их окультуривания не потребуются.

Вторая группа мелиоративных районов расположена на переходе Каспийской низменности и области Сыртов (на карте районы *2* и *4*). Почвенный покров представлен светлокаштановыми суглинистыми почвами с комплексами солонцов, имеющими остаточную засоленность на глубине больше 120 см. Грунтовые воды, залегающие на глубине 9—30 м, слабо минерализованы.

В целом вторая группа районов не угрожает опасностью вторичного засоления. Однако в нижних частях делювиальных шлейфов, где больше солонцов, где выше остаточная засоленность грунтов и куда возможен приток избыточных почвенно-грунтовых вод, не исключены случаи засоления. Солонцы потребуют применения небольших доз гипса (1—2 т/га). Районы второй группы широко используются под лиманное орошение, давая при этом высокий результат.

Третья группа мелиоративных районов охватывает территории II террас рек Волги и Еруслана, Торгуна, Б. и М. Узеней, которые дренируются этими реками (подробнее охарактеризованы ниже).

Степень дренированности этих территорий значительно меньше, чем первых двух. Грунтовые воды залегают на глубине 6—8 м, обладают большой пестротой и обычно высоко минерализованы. Почвенный покров

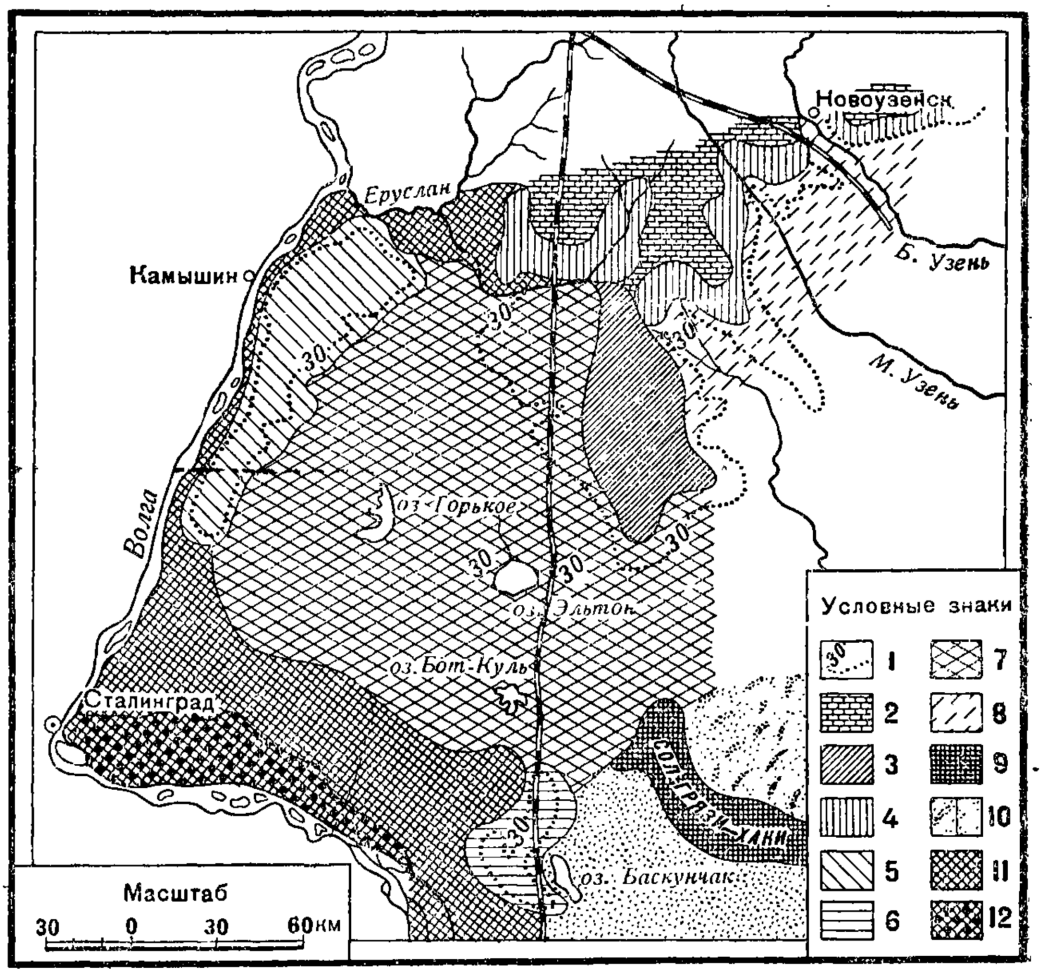


Рис. 29. Схема геоморфологических и почвенно-мелиоративных районов северо-западной части Каспийской низменности (В. А. Ковда).

1 — горизонталь 30 м над уровнем моря. *2* — древнеабразионная равнина. *3* — водораздел рек Торгун — Горькая. *4* — присыртовая хвалынская терраса. *5* — приволжская песчаная гряда. *6* — Баскунчакская останцевая равнина. *7* — озерно-лиманная депрессия (область размыва хвалынской дельты реки Волги). *8* — приузенская дренированная равнина. *9* — бессточная впадина Хаки. *10*— урдинские и богдинские (древнедельтовые) пески. *11* — древние террасы рек Волги и Еруслана. *12* — Волго-Ахтубинская пойма.

представлен комплексами остаточно-солончаковатых солонцов, темноцветных почв и луговых почв падин. Орошение районов третьей группы потребует мероприятий по борьбе с солонцеватостью, для чего может быть использован метод плантажной вспашки на глубину 30—45 см для перемешивания гипсоносного и солонцового горизонтов с последующей промывкой. Большие пространства луговых темноцветных почв, подобные «Упрямовским ровнякам», пригодны для орошения без борьбы с солонцеватостью.

При орошении третьей группы районов большими массивами необходимо предусматривать сооружение единичных глубоких коллекторов, так как естественная дренированность не обеспечит отвода почвенно-грунтовых вод после начала орошения и особенно в случаях применения промывок.

Четвертая группа мелиоративных районов охватывает внутренние слабодренированные и недренированные территории Каспийской низменности, характеризующиеся близостью (3—6 м) уровня и высокой минерализацией (10—25 г/л) грунтовых вод, большой засоленностью сильнокомплексного почвенного покрова, представленного сочетаниями солончаковатых корковых солонцов и луговых почв — *лиманов, падин, микропадин.*

Орошение этих, преобладающих в Каспийской низменности, пространств потребует мелиорации солонцов методом плантажа, их промывок и широкого применения дренажа. Так как критическая глубина залегания грунтовых вод здесь равна 175—200 см, то уровень грунтовых вод необходимо поддерживать на глубине не менее 225—250 см.

Дренажно-коллекторные сооружения должны обеспечить производство длительных промывок для рассоления почв и опреснения грунтовых вод. Без этих мероприятий территория четвертой мелиоративной группы превратится вскоре после начала орошения сплошь в солончаки. При подобных размерах мелиоративных работ целесообразнее районы четвертой мелиоративной группы из орошения полностью исключить.

Пятая группа мелиоративных районов включает в себя массивы современных солончаков типа Хаки, Ботхуль, Тажи и др., расположенные в современно недренированных впадинах центральных частей Каспийской низменности. Вследствие крайней засоленности почв (2—5% солей), близости (50—100 см) и высокой минерализации (100—150 г/л) грунтовых вод постановка вопроса об освоении этих земель для земледелия нецелесообразна вообще.

Б. ЗАВОЛЖСКАЯ СЫРТОВАЯ РАВНИНА

Каспийская древнедельтовая равнина отчетливо выраженным подъемом переходит с высоты 30—40 м на склоны периферии Заволжской Сыртовой равнины. Последняя представляет собой «волнистую увалистую равнину, образованную из трех основных морфологических элементов: площади слабоволнистого сыртового плато, площади увалистой, собственно сыртовой равнины и широких плоскодонных долин с системами древних террас» (И. П. Герасимов, А. Г. Доскач).

Судя по высотным отметкам слабоволнистых сыртовых плато, первичная поверхность Сыртовой Заволжской равнины имела общий плавный уклон с севера от высот 150—200 м к югу, до границ Каспийской низменности, на высоты 50—60 м. Эта первичная поверхность подвергалась очень длительным эрозионным воздействиям, приведшим к формированию современного зрелого сыртового (эрозионного) рельефа. Глубина расчленения первичной поверхности достигает 60—80 м. В схеме

пространство Сыртовой равнины, заключенное между рассекающими ее реками, представлено повторяющимися в каждом междуречье определенными формами рельефа речными террасами, среди которых обычно левобережные имеют особо широкое развитие; увалисто-волнистыми склонами, рассеченными древними заиленными долинами, выходящими на уровень террас; равнинной платообразной водораздельной поверхностью, мало затронутой эрозией.

В южной, наиболее низкой, части Сыртовая равнина окаймляется на высотах 40—60 м древнеабразионной равниной Каспия и рассечена в меридиональном направлении широкими, неглубоко врезанными по отношению к водоразделу лощинами, открывающимися в сторону Каспийской низменности.

Толща отложений, слагающих Сыртовую Заволжскую равнину, представлена субаквальными желтобурыми и бурыми суглинками и глинами, подстилаемыми на значительной глубине глинистыми песками

Происхождение этих наносов связано с древним, возможно — дохвалынским, подпором вод Волжского бассейна в период одного из оледенений, когда транспортируемый, довольно хорошо отмученный и собираемый на огромном пространстве Приуралья и Европейской России взвешенный материал приносился и откладывался на территории современной Сыртовой равнины (И. П. Герасимов). Сыртовые суглинки, глины и подстилающие их пески залегают на соленосной толще акчагыльских отложений, которые вместе с сыртовыми в направлении к Общему Сырту постепенно утончаются и выклиниваются.

Во многих районах современная речная и овражная сеть вызвала размыв первичной сыртовой поверхности до обнажения нижних горизонтов сыртовых отложений и даже толщи Акчагыла, с выносом легкорастворимых солей из последних.

Исследования Герасимова и Доскач показали, что первичная поверхность равнины подверглась трем фазам размыва и переотложения осадков

Наиболее ранним был размыв ее водами Волги и Большого Иргиза, с формированием III древней террасы Волги и комплекса террас Иргиза и их притоков. Вторая и третья фазы размыва древней поверхности Сыртовой равнины сопровождались формированием двух надпойменных террас рек Заволжья. Третья фаза размыва и аккумуляции происходит, по мнению Герасимова и Доскач, в настоящее время; она обусловила формирование новейших первых надпойменных террас молодой овражной сети.

Длительное наземно-континентальное существование Сыртовой равнины и ее интенсивное расчленение способствовали господству элювиальных процессов. Последние на фоне сравнительно достаточного количества атмосферных осадков (300—400 мм) привели к глубокому рассолению толщи сыртовых отложений, которые, повидимому, на ранних фазах своего существования, судя по большой гипсоносности и карбонатности, были засолены довольно сильно.

Современный солевой профиль почв, свойственных Сыртовой равнине (каштановые, темнокаштановые, черноземные), дает картину резко выраженного, охватывающего большую глубину, рассоления с почти полным выносом хлоридов и остаточным содержанием некоторого количества сульфатов (рис. 30).

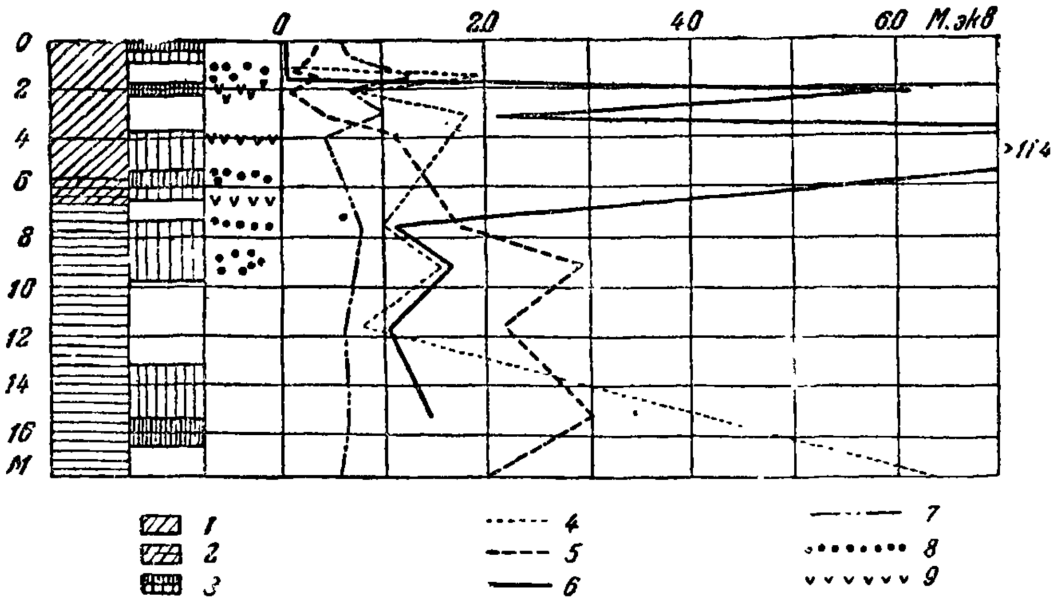


Рис. 30. Солевой профиль темнокаштановых почв на сыртовой глине (Заволжье, водораздел рек Иргиз — Камелик.—С. Н. Селяков).

1 — суглинки. *2* — глины. *3* — погребенные гумусовые горизонты. *4* — содержание SO_4 и гипса. *5* — содержание Cl. *6* — содержание SO_4. *7* — содержаиие HCO_3. *8* — коикреции $CaCO_3$. *9* — конкреции $CaSO_4$.

Господство этих же элювиальных процессов привело к облёссованию сыртовых суглинков и глин с превращением их в породы, близкие к южноукраинским лёссам.

Оставшиеся на поверхности Сыртовой равнины пятна солонцеватых почв и степных солонцов являются реликтами, свидетельствующими о былых процессах соленакопления. Об этом же свидетельствуют остатки (0.5—1.0%) легкорастворимых солей на глубине 2.5—3.5 м в темнокаштановых и черноземных почвах и на глубине 1.5—2 м в каштановых почвах. Эти остаточные соли, как указывает акад. Л. И. Прасолов, могут все же угрожать засолением, если будет допущено новообразование и приближение грунтовых вод к поверхности.

Надо, однако, отметить, что восточные районы Сыртовой равнины, примыкающие к периферии Общего Сырта и налегающие на склоны соляных куполов, как это имеет место в Озинках, вследствие образования делювиального шлейфа, сложенного засоленными породами, носят черты резко выраженной засоленности и солонцеватости.

Основной горизонт грунтовых вод Сыртовой равнины, приуроченный к пескам (на глубине 50—15 м), падает к югу с уклоном около 0.0004 и к глубоко врезанным руслам рек. Этот водоносный горизонт имеет, очевидно, значение в выносе легкорастворимых солей в Каспийскую

низменность. Воды этого горизонта оказались под влиянием соленосных толщ Акчагыла и содержат до 30—40 г/л солей. Однако, кроме этого горизонта грунтовых вод, не влияющего совершенно на современное почвообразование, для Сыртовой равнины характерно наличие разобщенного не сплошного верховодочного горизонта грунтовых вод в лощинах и округлых впадинах мезорельефа, собирающих снеговую и дождевую воду. Эти воды, залегающие на глубине 5—10—15 м, обычно имеют минерализацию не выше 10—5 г/л и являются основным источником водоснабжения района.

Есть полное основание считать, что орошаемое земледелие в Сыртовой равнине, как правило, не встретит опасности вторичного засоления почв. Наоборот, можно думать, что длительное господство повсеместного естественного рассоления территории после начала проектируемого в Заволжье орошения будет усиливаться. Остаточная солонцеватость и остепненные солонцы в условиях орошения быстро исчезнут.

Более подробно почвенно-мелиоративные условия Сыртовой равнины охарактеризованы акад. Л. И. Прасоловым (1937). Л. И. Прасолов приходит к выводу, который нами полностью разделяется, о том, что черноземы главных и второстепенных водоразделов рек Заволжья (Самарка, Б. и М. Иргиз, Караман, Кушум, Б. и М. Узени и др.), имеющие слабые признаки присутствия солей на глубине более 150—200—300 см, являются прекрасными объектами для орошения, не требующими каких-либо предварительных мелиораций и не угрожающими вторичным засолением.

Темнокаштановые почвы и южные черноземы склонов и в особенности Южных Сыртов (водоразделы рек Б. и М. Узени, Торгун, Еруслан и др.), обладающие слабой остаточной засоленностью на глубине 100—150 см, являются также вполне благоприятным объектом для орошения. Однако глубинная солонцеватость этих почв может способствовать возникновению верховодок, которые в случае перемещения остаточных солей к поверхности почв могут вызвать в той или иной степени явление вторичного засоления. Поэтому Л. И. Прасолов для территорий этого типа считает необходимым рекомендовать систему предупредительных мер против вторичного засоления и усиления солонцеватости.

Восточносыртовые районы, как отличающиеся повышенной остаточной засоленностью и участием солонцов в комплексе с каштановыми почвами, оцениваются Л. И. Прасоловым, как требующие профилактических мероприятий.

Однако, если в современных условиях господствующие в Сыртовой равнине процессы рассоления способствуют переносу и накоплению легкорастворимых солей в грунтах и почвах долин (II террасы), врезанных и вложенных в Сыртовую равнину, с образованием здесь солончаковатых солонцов, то после осуществления проекта широкой ирригации Сыртового Заволжья начнут проявляться процессы подтопления речных долин со стороны Сыртов, что повлечет за собой развитие засоления почв террас.

Это обязательно должно учитываться при проектировке орошения на водоразделах Сыртовой равнины.

В. Террасы реки Волги и ее притоков

Поволжская древнеаллювиальная равнина обладает рядом широких, хорошо развитых речных долин, в которых различается не менее 3—4 древних аллювиальных террас, вложенных в размытую первичную поверхность. Наибольшее значение имеет долина реки Волги и долины ее притоков. Долина реки Волги характеризуется исключительно резкой асимметричностью, выражающейся в типичном и полном развитии левобережного комплекса древних и пойменных террас при одновременном выпадении и неполном их развитии в правобережной части долины. Ширина долины Волги, включая ее наиболее древние террасы, достигает в отдельных местах 65—70 км. В других же местах она сужается до 5—7 км.

а) Пойменная терраса реки Волги (Волго-Ахтубинская пойма)

Пойменная терраса реки Волги представляет собой молодую аллювиальную поверхность, ширина которой колеблется от 20 до 5—1 км. Наибольшее развитие пойменная терраса реки Волги получает ниже г. Николаевска и особенно ниже Сталинграда, где она носит название Волго-Ахтубинской поймы, так как ее водный режим и расположение тесно связаны с Ахтубинским протоком Волги.

Пойма реки Волги представляет исключительно большой научный интерес, поскольку, исследуя ее развитие, режим и почвообразование, можно представить себе былой режим ныне остепненных древних великих аллювиальных равнин.

Исключительно велико также сельскохозяйственное значение Волго-Ахтубинской поймы. Располагаясь в районе неустойчивого по увлажнению полупустынного климата (среднегодовая температура 8—9°, безморозный период 170 дней, среднегодовое количество атмосферных осадков 250—350 мм), Волго-Ахтубинская пойма является богатейшим естественным оазисом, обеспеченным огромными запасами пресной воды, пышной растительностью и плодородными неиспользованными почвами. При известных затратах на мелиоративные работы Волго-Ахтубинская пойма может производить исключительные урожаи плодовых, овощных, полевых и технических культур.

Абсолютные высоты Волго-Ахтубинской поймы имеют отрицательные отметки: Енотаевск — 17 м, Сероглазово — 18,8 м. Выше по течению у Черного Яра — 11 м. Несколько выше Светлого Яра поверхность поймы имеет отметки нулевые, а в районе Николаевска и дельты реки Еруслана пойма выходит на положительные отметки: от +1.5 до +4.

Пойменная терраса возвышается над меженным уровнем реки Волги в среднем течении ее у устья Чагры на высоту до 10—12 м. К устью Еруслана уровень поймы над меженью возвышается до 8—10 м, у Черного Яра на 6—8 м и к Астрахани лишь на 3—4 м. Соответственно условия естественной дренированности пойменной террасы вниз по течению ухудшаются. Высота поверхности пойменной террасы определяется максимальным уровнем полых вод, затопляющих ее и откладывающих новые толщи наносов.

Мезорельеф поймы отличается большой сложностью. Прежде всего, необходимо отметить в нем существование элементов обычной поймы, установленных акад. В. Р. Вильямсом: прирусловая пойма, являющаяся наиболее высокой частью и расположенная вдоль основных или второстепенных протоков, и центральная пойма, являющаяся пониженной и во многих местах заболоченною. Эти основные элементы мезорельефа в различных сочетаниях повторяются на поверхности пойменной террасы на всем ее протяжении.

Кроме этих элементов рельефа, необходимо отметить многочисленные протоки, ерики, старицы реки Волги, частью изолированные полностью от последней, частью еще питающиеся в половодье и даже в межень ее водами. Значительная доля этих депрессий утеряла связь с рекой и погребена новейшими аллювиальными отложениями, превратившись в широкие плоские понижения.

Мезорельеф пойменной террасы слагается не только прирусловыми валами, но и отдельными высокими песчаными буграми, а также водораздельными повышениями между двумя соседними протоками, озерами или руслами.

Наконец, необходимо отметить характерный для некоторых частей поймы мелкобугристый микрорельеф. Обычно он развит на поверхности центральной поймы в виде бугорков и впадин округлой формы с разницей высоты между ними 10—20 см.

Пойменная терраса на всем ее протяжении сложена пестрыми по механическому составу аллювиальными отложениями (Герасимов и Доскач, Ковда, Плюснин). Прирусловые повышенные части поймы обычно сложены супесчаными или даже песчаными развеваемыми отложениями. Центральные части поймы сложены суглинистыми и глинистыми отложениями, которые, в свою очередь, на известной глубине сменяются супесчаными горизонтами и песками.

Ежегодные паводки рек Волги и Ахтубы играют огромную роль в развитии пойменной террасы, откладывая новый аллювий, способствуя очень сильному увлажнению почвы и тем самым буйному развитию растительности, обеспечивая питание грунтовых вод поймы. Затопляя пойму, воды Волги и Ахтубы фильтруются через поверхностные горизонты аллювия, являясь на период паводка основным источником питания грунтовых вод террасы. Грунтовый поток в этот период направлен от реки в глубь поймы. Заполняя озерные впадины и ерики, русла и понижения центральной поймы в течение всего последующего за павод-

ком периода, паводковые воды еще длительное время являются источником восполнения грунтовых вод. Однако в меженный период грунтовый поток поймы направлен в сторону русла Волги и Ахтубы, которые в межень представляют естественные дрены для поймы.

Таким образом, воды Волго-Ахтубы и грунтовые воды поймы находятся в постоянной взаимной связи: в межень в форме оттока грунтовых вод в русло реки, а в остальное время в форме притока речных вод в толщу террасы.

В среднем уровень грунтовых вод в пойме лежит на глубине 2—3 м. В прирусловых частях поймы он может опускаться и до 5—7 м, в то время как в центральных частях поймы он может приближаться к поверхности, располагаясь на глубине 0—1 м. В динамике уровня грунтовых ввод отмечается ряд подъемов (весна, осень, зима), обязанных паводкам, и минимум, приходящийся на конец лета после полного спада уровня рек. Амплитуда уровня грунтовых вод достигает 1.5 м.

Выше по течению, где пойма возвышается над уровнем реки до 10—12 м, дренирующее значение русла реки Волги несравненно больше; в среднем и, в особенности, в нижнем течении, где превышение поймы над рекой сравнительно небольшое, дренирующее значение последней кратковременно и ограничено.

Нарастание элементов сухости климата вниз по течению Волги и переход поймы сначала в область полупустыни, а затем, южнее Сталинграда, в область климата пустыни способствуют нарастанию роли испарения в водном режиме пойменной террасы.

Таким образом, ухудшение естественной дренированности вниз по течению совпадает с тенденцией увеличения доли расходования грунтовых вод на испарение. Это обусловливает постепенное увеличение минерализации грунтовых вод и рост засоленности почв поймы вниз по течению реки.

В северных районах грунтовые воды поймы р. Волги совершенно пресные. Южнее, на широте Камышина, грунтовые воды пойменной террасы оказываются значительно более минерализованными. Так, в районе г. Николаевска грунтовые воды пойменной террасы имеют уже минерализацию 0.2—0.5—1 г/л. Еще южнее, в районе Волго-Ахтубинской поймы, по данным И. И. Плюснина, минерализация грунтовых вод возрастает еще больше, особенно на поливных участках центральной поймы, где грунтовые воды наиболее близки к дневной поверхности. Здесь сумма солей достигает даже 1.0—3.0 г/л. Под солончаками Волго-Ахтубинской поймы, особенно в ее южной части, минерализация грунтовых вод может достигать и еще больших величин — 5—10 г/л.

Почвообразовательные процессы в пойме реки Волги имеют много общего с тем, что нами отмечено для дельт и, в частности, для дельты реки Волги. Однако, поскольку условия естественной дренированности и оттока грунтовых вод в пойме несравненно лучше, чем в дельте, процессы соленакопления в пойменной террасе проявляются значительно слабее. До широты Камышин — Николаевск процессы соленакопления

и образования минерализованных грунтовых вод и солончаков не отмечаются, исключая немногие редкие случаи. Так, к северу от Николаевска в пойме преобладают незасоленные луговые почвы, занимающие господствующее положение. Луговые незасоленные почвы поймы реки Волги заняты пышной разнотравной растительностью. Широко представлены здесь также заросли дуба, тополя, вяза, ивы, а из кустарников — терновник, боярышник, крушина, калина.

Даже на больших глубинах почвы поймы не обнаруживают признаков накопления карбонатов или сульфатов кальция, что говорит за преобладание здесь процессов выноса солей над их аккумуляцией. Лишь в отдельных случаях на глубине 150—200 см проявляются следы накопления углекислого кальция. Ближе к Сталинграду накопление карбонатов и гипса в почвах начинает носить все более отчетливый характер, проявляясь на более близких к поверхности глубинах. Так, по наблюдениям Плюснина, южнее Николаевска почвы центральных пониженных частей островов поймы характеризуются большой гипсоносностью и карбонатностью профиля и обладают минерализованными грунтовыми водами. Здесь также появляются, особенно в районах развития бугорчатого микрорельефа, солончаковатые солонцы и типичные сульфатно-хлоридные солончаки, содержащие до 1—3% легкорастворимых солей. Особенно много засоленных почв вокруг лиманов, озер, ильменей и вообще заболоченных мест поймы.

В районе Сталинграда и особенно с приближением к Астрахани, процессы естественного соленакопления в пойме начинают приобретать еще более выраженный характер. Многие массивы центральной поймы в соответствии с более высокой минерализацией грунтовых вод носят те или иные признаки засоленности. Понижения центральной поймы часто заняты здесь луговыми солончаковатыми и солонцеватыми почвами. Для иллюстрации характера почвенного покрова мы приводим выкопировку из карты И. И. Плюснина для типичной части поймы (рис. 31).

Эти процессы естественного соленакопления, обязанные близости грунтовых вод, их плохому оттоку и сухому жаркому климату полупустынного и пустынного характера, в чрезвычайно большой степени усиливаются ошибками хозяйственной деятельности человека. Уничтожение луговой растительности, способствующее усилению процессов испарения грунтовых вод и перемещению капиллярных растворов к поверхности, вызывает развитие вторичных солончаков (район Досанга). Для использования луговых почв в Волго-Ахтубинской пойме широко практикуется защитное обвалование от волжских паводков с помощью дамб. Эти дамбы, защищая обвалованный участок от доступа пресных паводковых волжских вод, прекращают ежегодное опреснение почвенного профиля, что ведет в течение нескольких лет к развитию на освоенных массивах солончаков.

При больших паводках обвалованные территории подтопляются снизу грунтовыми водами и происходит так называемая «подмочка», вы-

зывающая вследствие заболачивания и засоления почв гибель садов и огородов. Для борьбы с «подмочками» рекомендуется выбирать участки для обвалования вблизи крупных русел, обеспечивающих более благоприятные условия оттока, дренирование наиболее низких по рельефу массивов, увеличение площади обвалованного участка (Волконский, 1931).

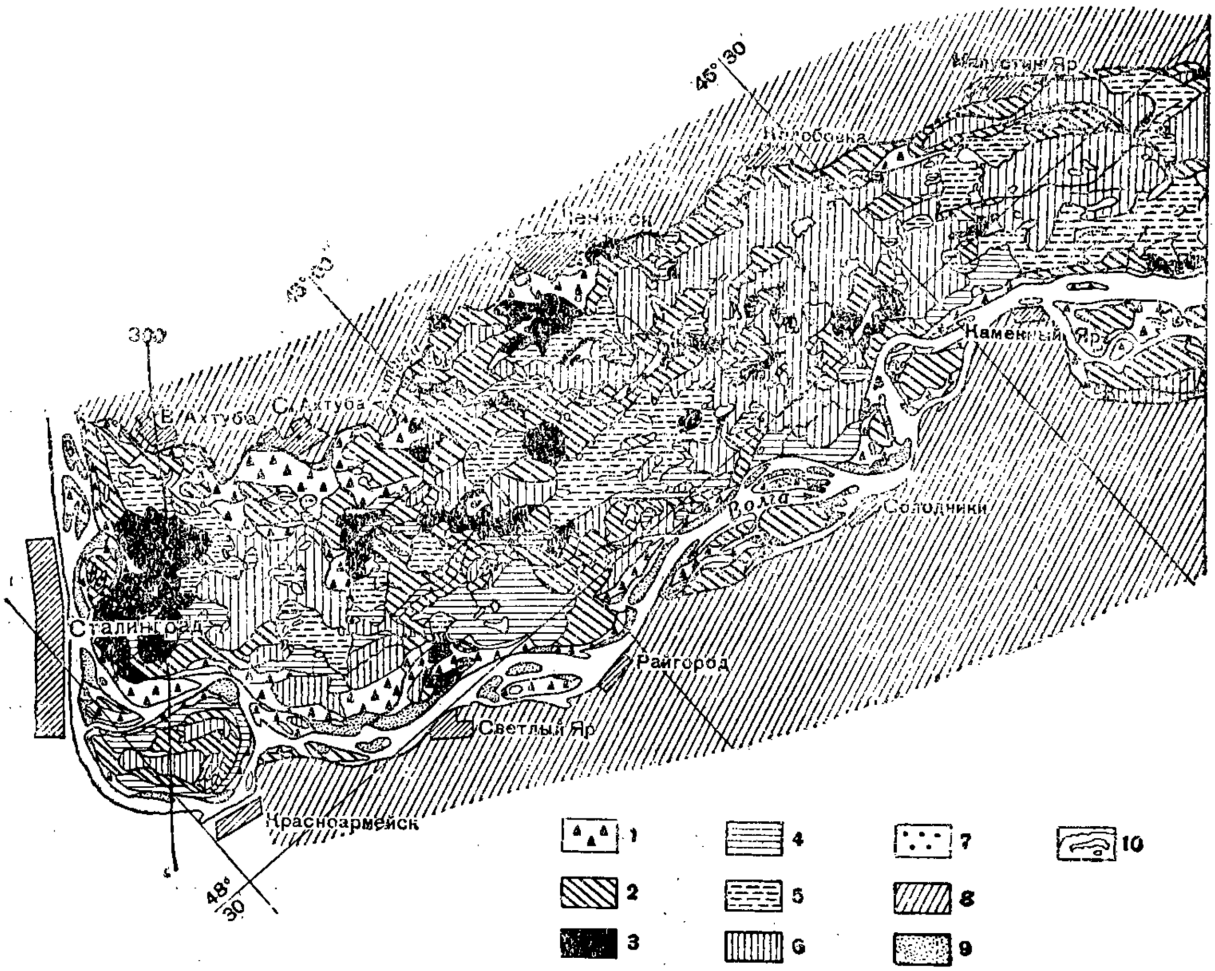


Рис. 31. Схематическая почвенная карта части Волго-Ахтубинской поймы (И. И. Плюснин).

Условные обозначения:

1 — малосформированные супесчаные и легкосуглинистые. *2* — слоистые суглинистые. *3* — солончаки и солончаковатые суглинистые и глинистые *4* — зернистые суглинистые (лесные). *5* — зернистые глинистые. *6* — зернистые глинистые, заболоченные. *7* — пойменно-лиманные и лагунные слоистые супесчано- иловатые и неслоистые иловатые. *8* — светлобурые и светлокаштановые почвы различной степени солонцеватости. *9* — пески пляжей и новейшие песчаные наносы в пойме. *10* — реки и озера.

Для борьбы с засолением обвалованных участков необходимо практиковать периодические промывки, а в отдельных случаях и периодические затопления под рыбхозы.

Таким образом освоение Волго-Ахтубинской поймы для орошения сталкивается с необходимостью в ее южных, хуже дренированных и расположенных в условиях сухого жаркого климата, частях регулировать водно-солевой режим почв для борьбы с подмочками и с процесса-

ми соленакопления, которые в сильной форме активизируются при обваловании и распашке луговых солончаковатых почв.

Нет сомнения в том, что режим естественного соленакопления в той или иной степени был характерен и для более древних террас реки Волги, ныне охваченных процессами рассоления и не находящихся уже под влиянием грунтовых вод.

б) I терраса реки Волги и ее притоков

I терраса реки Волги имеет сравнительно ограниченное значение. Она представлена узкой прерывистой лентой вдоль долины Волги, расширяясь в районе дельты реки Еруслана, с которой она срастается в общую равнинную поверхность протяженностью до 10—15 км, и в районе сел Быково и Владимировка, где ее поперечник достигает 3—5 км.

Равнинный характер I надпойменной террасы нарушается полузамкнутыми и замкнутыми понижениями, в которых обычно развиты временные степные озера, так называемые лиманы. Наиболее значительные системы понижений развиты на I террасе в районе ее контакта с более древней II террасой.

Со стороны Волги I терраса подвергается современному, довольно интенсивному расчленению новейшей овражной сетью. Некоторые участки I террасы, расположенные вдоль поймы, приподняты и носят характер прирусловых песчаных гряд. Многие из них подвергаются развеванию и характеризуются барханным бугристым рельефом (район села Быково).

Поверхность дельты Еруслана представлена гривисто-волнистыми формами рельефа, обязанными деятельности многочисленных протоков Еруслана в прошлом. На преобладающем пространстве I терраса сложена песчано-глинистыми слоистыми отложениями, перекрытыми желтовато-бурыми суглинками.

Участки понижений сложены тяжелосуглинистыми и глинистыми слоистыми породами. I надпойменная терраса возвышается над равниной поймы обрывом в 10—12 м.

Таким образом, все пространство I надпойменной террасы Волги подвергается интенсивному дренированию со стороны последней. Соответственно грунтовые воды I надпойменной террасы Волги залегают на большой глубине, порядка 8—10 м, и характеризуются явно выраженным оттоком в сторону Волги.

Минерализация грунтовых вод I террасы несколько выше, чем террасы пойменной (1.5—3 г/л). Пережив на стадии пойменной террасы известное засоление, I надпойменная терраса в настоящий период находится в состоянии отчетливого рассоления, обязанного современной ее дренированности. Соответственно солончаки на поверхности I террасы почти не встречаются, исключая немногие глубокие впадины, расположенные в притеррасовых понижениях на контакте со II террасой. На преобладающей же части поверхности I террасы почвенный покров пред-

ставлен солонцеватыми каштановыми почвами, темными древнелуговыми почвами и комплексами солонцов.

Вдаваясь в русла притоков Волги, I терраса проходит в них обычно на уровне поймы. В долине рек Чагры и Иргиза почвенный покров носит преимущественно луговой характер, а в долине Еруслана — лугово-солончаковый, с пятнами солончаков.

Орошение на почвах I террасы почти не представлено, за исключением немногих отдельных участков. Никаких признаков вторичного засоления при орошении исследованиями Почвенного института Академии Наук СССР здесь не обнаружено.

в) II терраса реки Волги, ее притоков, Б. и М. Узени

II надпойменная терраса, в противоположность I террасе, развита чрезвычайно сильно. Ширина II террасы достигает у устья реки Еруслана 65 км, а на остальных пространствах долины Волги — 20—25 км, суживаясь в отдельных районах до 4—5 км.

II терраса Волги возвышается над поверхностью I террасы резко выраженным уступом, имеющим высоту не менее 10—15 м. В районе Каспийской низменности II терраса сливается с пространствами последней, незаметно переходя в нее.

II терраса отчетливо развита в долинах рек Самарка, Моча, Караман, Б. и М. Иргиз, Чагра, Еруслан, Б. и М. Узень и др. Как правило, и здесь в левобережной части долин она приобретает максимальное развитие, в то время как в правобережной части, обладающей крутым берегом, II терраса, как и I терраса, выражена очень слабо, либо отсутствует. В долинах этих рек II терраса отделяется от I террасы уступом высотой 8—10 м.

Для равнинного по преобладанию рельефа II террасы характерна слабо выраженная волнистость, обязанная плоским, четковидным, связанным друг с другом впадинам, являющимся, повидимому, древними заиленными руслами рек. Характерно также широкое развитие мелкобугорчатого микрорельефа. Чем менее дренирована терраса, тем больше развит микрорельеф.

II терраса реки Волги, ее притоков и Узеней сложена слоистыми суглино-глинистыми отложениями аллювиального характера и частью лагунно-морского. Последнее обязано отложению приносимых реками наносов в период подпора речных вод водами Каспия, доведенными в хвалынскую трансгрессию до высоты 40—50 м. Во многих частях II террасы Волги широкое распространение имеют пески. В верхних горизонтах пород, слагающих II террасы в южных частях Заволжья, очень часто встречается каспийская фауна.

Особенно надо отметить в составе пород, слагающих толщи II террасы, так называемые шоколадные глины. Наибольшего развития они достигают на II террасе Волги и Еруслана. Схема строения II террас Волги и Еруслана в этом случае рисуется в следующем виде:

На глубине 5—10 м от поверхности залегают пески. Пески покрываются плотной, с признаками слоистости, соленосной шоколадной глиной. В некоторых случаях шоколадные глины, выходя на поверхность, являются почвообразующими породами, давая начало резко выраженным солонцам. В других случаях шоколадные глины погребены метровой или двухметровой толщей солонцеватого слоистого суглинка, являющегося субстратом для развития солонцеватой каштановой почвы.

Имеют место случаи и полного отсутствия шоколадных глин, и тогда породы, слагающие II террасу Волги, представлены суглино-супесчаными слоистыми древнеаллювиальными отложениями, перекрытыми наносами каспийской трансгрессии.

Шоколадные глины не обнаружены нами во II террасах Б. и М. Узеней. Здесь II террасы сложены суглино-супесчаными отложениями, лежащими на глубине 10—20 м над песками и перекрытыми с поверхности желтовато-серыми и палево-бурыми суглинистыми отложениями, дающими начало солонцам, солонцеватым почвам, иногда солодям.

Грунтовые воды II террасы реки Волги находятся на глубине 6—17 м, ближе во впадинах рельефа (лиманы) и глубже на внешних частях террасы. К югу уровень грунтовых вод II террасы Волги постепенно понижается, уходя в районах сел Никольское, Заплавное, Владимировка на глубину 20—25 м. На всем протяжении II террасы ее грунтовые воды отличаются резко выраженным оттоком в Волгу.

Минерализация грунтовых вод II террасы Волги очень пестра и зависит от условий рельефа. В депрессиях мезорельефа, собирающих снеговые воды, грунтовые воды обычно опреснены и вполне пригодны для питья. На остальных пространствах минерализация грунтовых вод достигает иногда 2—3 г/л.

Почвенный покров II террасы Волги носит ярко выраженные признаки рассоления на большую глубину. Соответственно преобладающим типом почв являются солонцеватые каштановые почвы в южных частях долины, каштановые и черноземовидные почвы в северных частях долины. Исключение составляют солонцы, развитые на шоколадных глинах, которые вследствие ничтожной водопроницаемости рассолены очень мало и содержат на глубине 30—40 см до 1—2% легкорастворимых солей.

Надо сказать, что солонцовые комплексы вообще широко распространены вокруг лиманных депрессий II террасы. В южных частях района эти солонцы обычно являются сульфатно-хлоридными. В северных же районах, как показали исследования Г. Г. Еремина, они могут приобретать характер содовых или содово-сульфатных (район Майтуги).

Слабо выраженные плоские впадины на II террасе Волги заняты древнелуговыми, весьма плодородными почвами.

Этот же характер почвенного покрова свойствен II террасам притоков Волги и Б. и М. Узеней. Однако в случаях меньшей врезанности русел рек и соответственно меньшей естественной дренированности II террас почвы носят черты меньшей рассоленности и иногда сильно засолены.

Так, II террасы рек Челыкла, Жестянка, Журавлиха, Камышлак, Сестра отличаются малой дренированностью и весьма большим количеством солончаковатых корковых солонцов в почвенном покрове (более 50—70% поверхности). Это обстоятельство резко снижает мелиоративные показатели названных долин, делая нецелесообразным их орошение вследствие опасности резкого роста засоления и высокой стоимости мер борьбы с ним и его последствиями. Но в большинстве других случаев долины рек Заволжья отличаются довольно сильной дренированностью и рассоленностью почв, орошение которых водами местного стока не осложнено опасностью засоления.

Почвенный покров II террас таких рек, как Еруслан, Торгун, Б. и М. Узени, характеризуется значительно меньшим развитием солонцовых комплексов (10—25% поверхности) и менее злостными формами самих солонцов, занимающих слабые повышения микрорельефа. Пониженные элементы микрорельефа при этом заняты каштановыми древнелуговыми почвами, составляющими как бы общий фон. Крупные впадины мезорельефа заняты древнелуговыми черноземовидными исключительно плодородными почвами.

Солонцовые пятна вызывают резкопятнистое состояние естественного растительного покрова, при распашке — пестроту, неравномерность и выпады культурных растений.

Глубокие впадины, заливаемые весенними водами местного стока, покрыты осолоделыми луговыми почвами или солодями. К северу в долинах рек Иргиз, Мóча и особенно дальше на север в долинах рек Самарка, Кутулук и др. солонцы приобретают характер содовых по химизму, сохраняя облик корковых и столбчатых по морфологии. Однако количество солонцов в почвенном покрове уменьшается.

В этом же направлении вырастает значение луговых черноземовидных почв в комплексе.

Высокие обрывистые берега II террас и врезанность рек играют огромную роль в оттоке почвенно-грунтовых вод. Соответственно поверхность грунтовых вод вблизи реки у обрыва находится на глубине 6—10 м, повышаясь по мере удаления от берега до 3—7 м.

Существующее орошение в Заволжье приурочено преимущественно к пространствам II террас. Вода для полива подается как самотеком, так и с помощью небольших двигателей. Для целей орошения за годы Сталинских пятилеток в Заволжье построены сравнительно крупные плотины, накопляющие воды местного стока для поливов (Кутулукская, Толстовская, Иргизская, Новоузенская и другие системы).

Там, где орошаемые участки расположены в условиях благоприятной естественной дренированности II террасы, орошение хотя и вызывает некоторый подъем грунтовых вод, но вследствие оттока их в русла рек критической глубины они не достигают и развитие засоления почв не наступает. Больше того, орошение в большинстве случаев способствует дальнейшему рассолению почв и даже в этих условиях ослаблению солонцеватости под влиянием обработки почв и поступления солей кальция с оросительными водами.

В тех случаях, когда сооружением водохранилищ естественная дренированность территории нарушается и грунтовые воды, вследствие подпора, утрачивают возможность свободного оттока в русла рек, а орошаемый участок располагается в непосредственной близости к водохранилищам, что вызывает суммирование отрицательного влияния фильтрационных вод орошаемого массива и водохранилища, в Заволжье на II террасах рек развивается вторичное засоление. Наиболее типичный пример этого засоления можно найти на полях Валуйской опытно-оросительной станции (Ю. Г. Лопато), на Новоузенской и Питерской системах, на Камышлакском массиве. Здесь развитие вторичного засоления вызвало катастрофические последствия и обусловило выпадение больших территорий из хозяйственного оборота.

Надо, однако, сказать, что это является сравнительно редким случаем. Естественное рассоление почв II террас заволжских рек под влиянием орошения на фоне удовлетворительной естественной дренированности обычно усиливается. Так, например, на II террасах рек Б. Иргиз, Самарка и Кутулук даже в условиях подпора водохранилищами грунтовых вод орошаемого массива вторичное засоление практически не развивается. Это обязано сравнительно слабой минерализации грунтовых вод, небольшому испарению в этих районах, зимнему промыванию солей.

Сложнее обстоит вопрос с прогнозом солевого режима II террас рек Заволжья в случае широкого орошения Сыртовой равнины. Есть полное основание ожидать, что широкое орошение Сыртов вызовет подпитывание и подъем грунтовых вод в долинах и создаст в них угрозу вторичного засоления почв. Способы профилактики и меры мелиорации должны решаться особо для каждой долины.

Подводя итоги краткому рассмотрению почв Поволжских аллювиальных равнин, являющихся типичными примерами условий, свойственных югу и юго-востоку Европейской части СССР, можно отметить следующие, наиболее важные особенности ирригационных районоз этого типа.

Почвенный покров областей этого типа представлен южными черноземами, каштановыми почвами и комплексами степных (и солончаковатых в долинах) солонцов (рис. 32).

Почвы, развитые на древних аллювиальных террасах и особенно на водораздельных пространствах, характеризуются господством древнего и глубокого рассоления.

Процессы современного соленакопления имеют ограниченное распространение, возникая на стадиях пойменных террас или на понижениях I и II террас в тех случаях, когда ухудшение естественной дренированности (подпор, сужение долин, низовья рек) совпадает с большой засушливостью климата.

Орошение II и III террас, а также водоразделов в подобных условиях, как правило, способствует развитию процессов рассоления, усиливая и убыстряя их естественный ход. Ликвидация солонцов достигает-

ся плантажной обработкой и поливами или, в отдельных случаях (содовые солонцы), применением гипса.

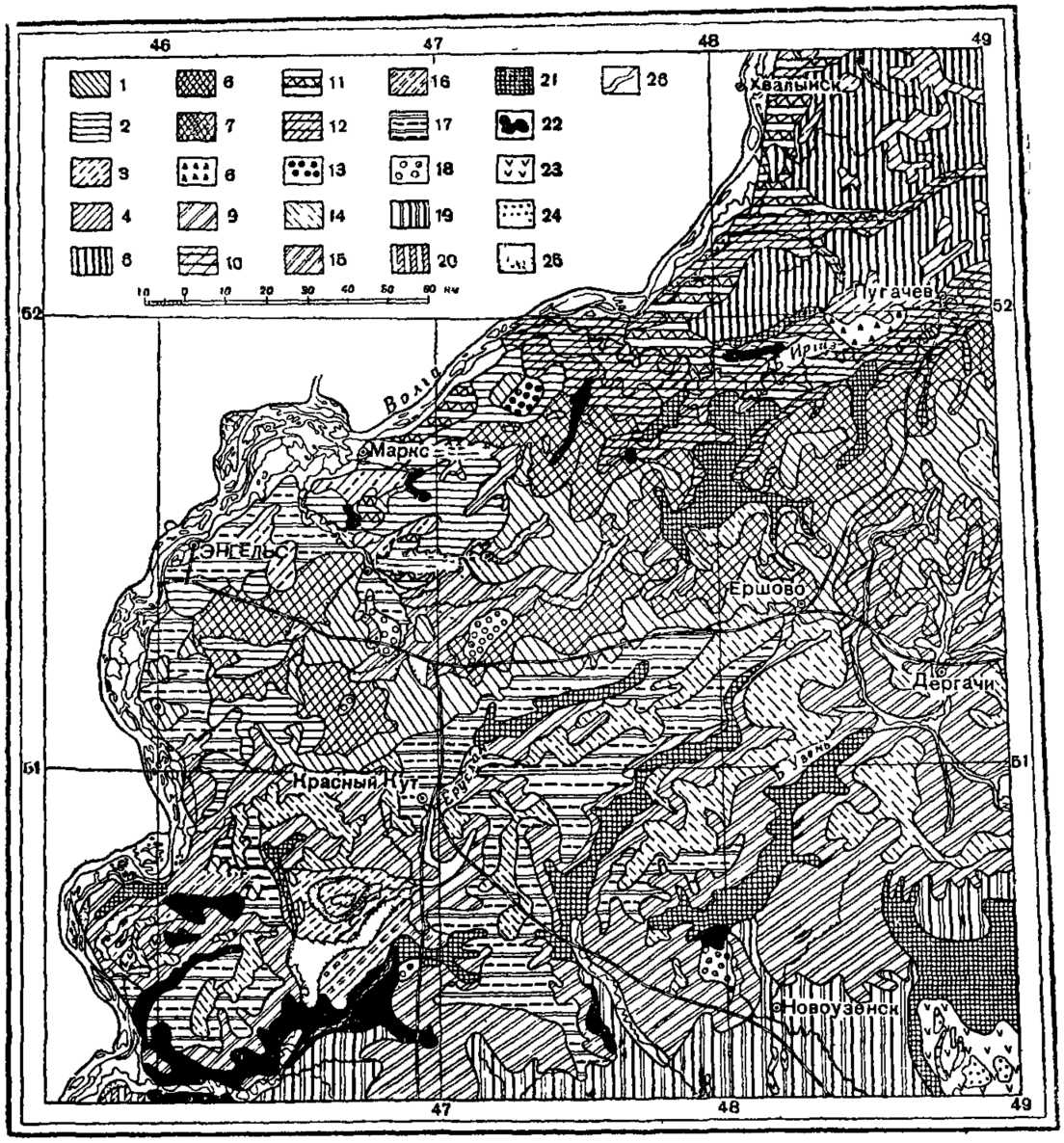


Рис. 32. Почвенная карта Среднего Заволжья (под редакцией акад. Л. И. Прасолова).

Условные обозначения:

1 — черноземы типичные, малогумусные и маломощные. *2* — черноземы типичные, малогумусные средние и легкие пылевато-суглинистые. *3* — черноземы типичные, малогумусные (бедные, южные) супесчаные. *4* — черноземы типичные, среднегумусные (обыкновенные) средней мощности. *5* — черноземы типичные склонов, средне- и малогумусные, частично денудированные. *6* — черноземы типичные склонов, малогумусные, частично денудированные и солонцеватые. *7* — черноземы типичные склонов средне- и малогумусные, частично денудированные, средние и легкие пылевато-суглинистые. *8* — черноземы сильно денудированные (смытые, перемытые, перерытые). *9* — черноземы малогумусные солонцеватые. *10* — черноземы долинные, среднегумусные и малогумусные, *11* — черноземы долинные, среднегумусные и малогумусные, средние и легкие пылевато-с глинистые. *12* — черноземы долинные, среднегумусные и малогумусные, с песчанные. *13* — черноземы остаточно-карбонатные на плотных породах. *14* — темнокаштановые почвы слабосолонцеватые. *15* — темнокаштановые почвы сильносолонцеватые. *16* — темнокаштановые почвы сильносолонцеватые, средне- и легкосуглинистые. *17* — темнокаштановые почвы склонов, частично денудированные (карбонатно-солонцеватые). *18* — темнокаштановые почвы западин (слабоосолоделые). *19*—светлокаштановые почвы сильносолонцеватые. *20* — светлокаштановые почвы сильносолонцеватые, средне- и легкосуглинистые. *21* — солонцы в комплексе с каштановыми почвами. *22* — солонцы солончаковатые. *23* — луговые солонцевато-осолоделые лиманные почвы. *24* — солончаки луговые и лиманные. *25* — пески заросшие (песчаные степи). *26* — пойменные аллювиально-луговые и другие почвы степной зоны.

В тех случаях, когда сооружение водохранилищ на реках ухудшает условия естественной дренированности и отток грунтовых вод на II террасах, а орошаемый участок располагается в зоне подпора грунтовых вод водохранилищем, на II террасах рек юга и юго-востока Союза развивается вторичное засоление местного ограниченного масштаба.

На пойменных террасах рек в их нижнем течении, там, где имеют значение, хотя и в ослабленной форме, процессы естественного солена-копления, распашка и орошение, сопровождающиеся обычно необходимостью сооружения обвалований для защиты от паводковых вод, способствуют ускорению и обострению процессов засоления с развитием вторичных солончаков («подмочки» на Волго-Ахтубинской пойме). Для борьбы с последними необходимо применение в качестве основной меры дренажа.

Глава IV

СХЕМА КЛАССИФИКАЦИИ ТИПОВ ОРОШАЕМЫХ ОАЗИСОВ СССР

В результате подробного рассмотрения физико-географических и почвенно-мелиоративных условий орошаемых территорий СССР ниже мы приводим схему классификации типов орошаемых оазисов с точки зрения их водно-солевого режима и ведущих мероприятий, обеспечивающих успешное освоение земель для орошения и борьбу с засолением орошаемых почв.

Проектирование, строительство и правильная эксплоатация современных ирригационных систем, задачи нового освоения земель в пределах оазисов и борьба с засолением орошаемых почв требуют знания всего комплекса природных условий. Особенно необходимы для этих целей представление о существующем и прогноз будущего водно-солевого баланса почвенного покрова и грунтовых вод.

В кругах почвоведов, инженеров, мелиораторов уже имелся опыт типизации комплекса природных условий в целях прогноза изменения режима грунтовых вод и почвенного покрова орошаемых оазисов (Димо, Ризенкампф, Розов, Шмидт). Исследования, произведенные автором на юго-востоке СССР, в Закавказье и в Средней Азии, позволили на основании нового материала, отправляясь от этих прежних попыток, разработать схему классификации орошаемых оазисов с учетом, по возможности, всего комплекса физико-географических условий и их изменений под воздействием орошения.

В основу новой классификации нами были положены следующие показатели: геоморфология (ландшафт) орошаемого оазиса и его дренированность как целого, глубина залегания, минерализация и характер баланса грунтовых вод оазиса в целом, солевой баланс оазиса, изменения, вызываемые орошением при современной его технике, ведущие мелиоративные мероприятия для нового освоения земель и борьбы с засолением. Во многих случаях мы не смогли обеспечить количественную характеристику этих показателей, но имели достаточно материалов для качественной их оценки.

Ландшафты орошаемых оазисов нами разделены на приморские дельты, континентальные (сухие) дельты, нижние террасы в среднем и нижнем течении рек, средние (II и III) террасы рек, нижние (пойменные и надпойменные) террасы рек в верхнем и среднем их течении, верхние (III и IV) террасы и подгорные равнины. В этом же

направлении возрастают естественная дренированность ландшафта в целом, ослабление процессов естественного соленакопления и уменьшение опасности засоления и заболачивания орошаемых почв.

Баланс грунтовых вод нами подразделен на 4 основных типа в соответствии с соотношением испарения, транспирации и оттока грунтовых вод. В классификации оазисов нами различаются следующие разновидности балансов грунтовых вод

а) регулируемый в основном испарением;

б) регулируемый в основном испарением и транспирацией;

в) регулируемый в основном транспирацией и оттоком;

г) регулируемый в основном оттоком.

Условия естественного оттока грунтовых вод в классификации оцениваются в зависимости от соотношения грунтовых вод с естественными водоприемниками (реками, озерами, морями). Это дало возможность различать:

а) грунтовые воды, испытывающие длительный, иногда даже круглогодовой подпор и питание со стороны рек, озер, морей;

б) грунтовые воды, испытывающие лишь периодический подпор и питание;

в) грунтовые воды, характеризующиеся круглогодовым свободным оттоком в естественные водоприемники.

Типы солевого баланса подразделены нами следующим образом:

а) баланс засоления;

б) баланс частичного засоления;

в) баланс стабильный (транзит солей);

г) баланс рассоления;

д) баланс глубокого древнего рассоления.

Изменения, вызываемые современным орошением, оценивались в отношении ландшафта в целом с точки зрения опасности увеличения естественного засоления или заболачивания, опасности вторичного засоления ранее рассолявшихся почв и отсутствия опасности засоления и заболачивания.

В числе ведущих мероприятий, рекомендованных нами в качестве типовых для установленных типов орошаемых оазисов, подразумеваются мероприятия общеоазисного (общесистемного) значения, рассчитанные на обеспечение общего улучшения мелиоративного состояния оазиса.

Рассмотрим и сжато охарактеризуем установленные типы оазисов.

1. Оазисы по преимуществу естественно-недренированные (бессточные)

а) Приморские дельты

(Волги, Терека, Аму-Дарьи, Сыр-Дарьи, Куры — Аракса)

Грунтовые воды залегают на глубине 1—3 м от поверхности, испытывают круглогодовой подпор и питание со стороны рек и иногда морей, вследствие чего их отток очень слаб или отсутствует.

Баланс грунтовых вод регулируется в основном испарением и транспирацией, а также слабым местным оттоком от повышений рельефа. Минерализация грунтовых вод пестрая и высокая, имеет тенденцию увеличиваться во времени.

Солевой баланс относится к типу общего соленакопления. Различаются 4 фазы развития дельт и процессов соленакопления, которые необходимо учитывать при освоении дельт:

а) фаза поемная, когда засоление еще не проявляется;

б) фаза луговая, характеризующаяся началом засоления;

в) фаза солончаковая, отличающаяся сильной общей засоленностью;

г) фаза рассоления, характеризующаяся развитием солонцов, такыров, лугово-сероземных почв.

Скорость процессов соленакопления зависит от сухости климата и минерализации речных вод. Заметное засоление проявляется в дельтах на почвах следующего возраста: дельта Кубани 30—60 лет, дельта Волги 75—100 лет, дельта Аму-Дарьи 5—10 лет.

Орошение способствует опреснению грунтовых вод и почв за счет местного оттока на территориях вдоль крупных каналов и на повышениях мезорельефа. В целом естественное соленакопление при отсутствии или плохой работе коллекторно-сбросной сети усиливается, особенно на периферии, в понижениях и на орошаемых частях.

Ведущие мероприятия. Кроме обязательных предупредительных мероприятий, при широком сплошном освоении необходима развитая коллекторная сеть и глубокий дренаж на солончаках.

Освоение солончаков потребует длительных промывок. В настоящий период водно-солевой баланс поддерживается низким КЗИ (0.3—0.4), что ведет к засолению пустующих земель, хотя и позволяет использовать освоенные земли с применением периодических зимних промывок и усиленных вегетационных поливов для регулирования солевого режима. Повышение КЗИ должно сопровождаться параллельными мероприятиями по снижению и отводу грунтовых вод (глубокие коллекторы, дренаж). Необходимы особенно экономное водопользование, устранение сбросов избыточных вод, снижение потерь на фильтрацию, а также высокая агротехника, направленная на снижение испарения. Необходима также в большинстве случаев защита от паводков.

б) Континентальные (сухие) дельты

(Соха, Исфары, Мургаба, Зеравшана, Кашка-Дарьи, Геокчая, Болгарчая и др.)

Грунтовые воды питаются за счет инфильтрации при поливах, а также из рек и каналов.

В верхних частях сухой дельты (зона погружения, сложенная проницаемыми толщами) грунтовые воды лежат на большой глубине, имеют свободный, интенсивный отток, опреснены.

В центральных частях приближаются к поверхности, иногда выклиниваются в виде слабоминерализованных родников. В целом отток

удовлетворительный (зона выклинивания, сложенная проницаемыми породами).

В нижних, периферических частях сухих дельт грунтовые воды близки к поверхности (1—3 м), отток их очень мал, и расходуются они преимущественно на испарение и транспирацию (зона рассеивания).

Солевой баланс континентальной дельты в целом направлен в сторону засоления, однако засоление сосредоточено в зоне рассеивания, т. е. в нижней периферической части дельты, сложенной суглинками и глинами. В верхних и центральных частях сухой дельты господствует рассоление и транзит солей. Примерные размеры соленакопления для сухих дельт:

Соха . . .	264 000 т/год
Мургаба	665 000 »
Теджена	1 500 000 »
Зеравшана	1 000 000 »

Орошение способствует рассолению почв и грунтовых вод верхних и центральных частей сухих дельт; при больших уклонах иногда вызывает сильный смыв почв в верхних зонах дельты. При современных недостатках технического уровня и эксплоатации орошение способствует заболачиванию в зоне выклинивания и в зоне рассеивания, а также развитию засоления почв и грунтовых вод в нижней, периферической, части сухих дельт, т. е. в зоне рассеивания.

Ведущие мероприятия. Кроме общеобязательных предупредительных мероприятий, необходима всемерная борьба с потерями на фильтрацию в верхних и центральных частях сухих дельт; борьба с паводками и сбросом на периферию паводковых и избыточно-забираемых вод; развитие широкого садоводства в верхних частях дельты, однако с соблюдением противоэрозионных мероприятий; каптаж мелкими дренами грунтовых вод зоны выклинивания и использование их для орошения; при сплошном освоении земель в зоне рассеивания — сооружение развитой коллекторной сети и дренаж солончаковых массивов.

В настоящий период водно-солевой баланс зоны рассеивания поддерживается низким КЗИ (0.2—0.3), что сопровождается засолением пустующих территорий. Повышение КЗИ должно сопровождаться в зоне рассеивания мероприятиями по снижению и отводу грунтовых вод (коллекторы и дрены).

2. Оазисы по преимуществу естественно недостаточно дренированные

а) Нижние (пойменные) террасы в среднем и нижнем течении рек

(Волго-Ахтубинская пойма, Чарджоу-Фарабский оазис, Центральная Фергана, Ш ульдер)

Грунтовые воды значительную часть года испытывают подпор и питание со стороны рек, в межень слабо ими дренируются; близки к поверхности (1—4 м), имеют пеструю, а в понижениях рельефа высо-

кую минерализацию. Баланс грунтовых вод бо́льшую часть года регулируется испарением и транспирацией и периодически очень слабым оттоком. На массивах центральной поймы и, особенно, притеррасовых понижений преобладает испарение грунтовых вод.

Солевой баланс в целом направлен в сторону медленного общего соленакопления при рассоленности приречных зон и повышений рельефа и сильном соленакоплении в центральных и пониженных частях равнин и террас.

Орошение вызывает рассоление почв на повышениях рельефа и вдоль каналов за счет местного оттока почвенно-грунтовых вод. При существующем техническом уровне и в особенности при недостаточности коллекторной сети орошение способствует усилению засоленности концевых частей системы, бессточных понижений и неорошаемых пустующих земель внутри оазиса. Наибольших размеров орошение в древних орошаемых оазисах достигает на их периферических частях.

Ведущие мероприятия. Кроме общеобязательных предупредительных мероприятий, при сплошном освоении земель необходима редкая сеть глубоких коллекторов для понижения уровня и отвода грунтовых вод, а также местный (локальный) глубокий дренаж солончаковых массивов.

В настоящий период водно-солевой баланс поддерживается невысоким КЗИ (0.35—0.50). Повышение КЗИ должно сопровождаться мероприятиями по отводу грунтовых вод.

б) Средние (II и III) террасы рек и аллювиальные равнины

(Голодная Степь, Вахш, Аракс, II террасы рек Заволжья, Кайспийская низменность)

Грунтовые воды характеризуются слабым общим оттоком в реки в течение всего года. Имеется также местный отток в депрессии рельефа и впадины. Во многих случаях на левобережных частях террас-равнин имеется местный, сильно выраженный подпор грунтовых вод порогами, перемычками, сужениями долин (Фархадская и Чардарьинская складки на Сыр-Дарье, Кзыл-Тумшук на Вахше, Дагна на Араксе и др.). Глубина грунтовых вод до орошения 5—10—15 м, в депрессиях рельефа 1—5 м. Минерализация средняя, в депрессиях рельефа повышенная.

Баланс грунтовых вод регулируется общим слабым оттоком и транспирацией; в бессточных понижениях рельефа — транспирацией и испарением.

Солевой баланс направлен до орошения на большей части территории обычно в сторону слабого общего рассоления и локального засоления бессточных понижений рельефа. Почвогрунты на значительную толщу и грунтовые воды характеризуются высокой остаточной засоленностью, вполне достаточной для превращения почвы в солончаки в случае приближения грунтовых вод к критической глубине.

Орошение во многих случаях на вновь осваиваемых землях сопровождается просадками лёссовых почвогрунтов. Под влиянием пра-

вильного орошения, почвы повышений рельефа и массивы вдоль каналов медленно рассоляются за счет местного оттока почвенно-грунтовых вод.

При существующем техническом уровне и допускаемых нарушениях правил планового водопользования естественная дренирующая способность оазисов этого типа оказывается часто не достаточной для отвода избыточных фильтрационных почвенно-грунтовых вод, которые, приближаясь к поверхности, вызывают катастрофические явления вторичного засоления сперва на землях вдоль каналов, а затем на остальных массивах. В наибольшей степени опасность вторичного засоления свойственна при этом массивам бессточных и малосточных понижений рельефа и неорошаемым внутриоазисным землям.

Ведущие мероприятия. Кроме общеобязательных предупредительных мероприятий, особую эффективность в оазисах этого типа приобретают эксплоатационные мероприятия по уменьшению питания грунтовых вод. Вследствие существования слабого естественного оттока почвенно-грунтовых вод, рационализация водопользования сопровождается всегда весьма высокой эффективностью. Нужна также очень редкая, глубокая, общеоазисная коллекторная сеть, обеспечивающая локальное дренирование бессточных солончаковых понижений и сброс избыточных водно-солевых масс, которые могут оказаться в оазисе.

Оценивая почвенно-мелиоративные условия оазисов второй группы в целом, необходимо всегда различать, расположены ли они на левобережном комплексе аллювиальных террас, или на правобережном. Обычно левобережный комплекс нижних и средних террас развернут шире, террасы в меньшей степени дренируются рекой, характеризуются более слабым оттоком грунтовых вод и бо́льшим развитием остаточных и современных солончаковых процессов, а вследствие всего этого большей опасностью вторичного засоления.

3. Оазисы естественно-дренированные

а) Нижние (пойменные и I надпойменные) террасы в верхнем и среднем течении рек

(Восточная Фергана, нижняя терраса Чирчика, Ангрена, Зеравшана, Сурхан-Дарьи и др.)

Грунтовые воды близки к поверхности, дают часто площадное выклинивание, но имеют общий интенсивный отток по уклону местности или в реки. Минерализация низкая.

Баланс грунтовых вод регулируется в основном интенсивным оттоком и транспирацией.

Солевой баланс. Соленакопление либо отсутствует, либо ограничивается накоплением $CaCO_3$, $CaSO_4$ и иногда небольших количеств Na_2SO_4. В отдельных случаях накопление $CaCO_3$ и $CaSO_4$ в почвах достигает весьма больших размеров, вызывая образование цементированных, непроницаемых для воды и корней растений, очень плотных горизонтов (шох и арзык Ферганы и Зеравшана).

Орошение при современных технических условиях и недостатках водопользования приводит иногда к заболачиванию. Засоление почв при орошении обычно не развивается, однако возможно усиление процессов образования шоха и арзыка, что вызывает неблагоприятные последствия.

Ведущие мероприятия. Обязателен общий комплекс предупредительных мероприятий и рационализация водопользования, осушение заболоченных массивов редкими коллекторами и мелкими дренами, с использованием дренажных вод для орошения.

б) Верхние (III и IV) древнеаллювиальные террасы и подгорные равнины

(Верхние террасы Ферганской долины, Самаркандского и Приташкентского оазисов, Джамская Степь, Ак-Газинское и Кумсынгирское плато долины реки Вахш, Сыртовые равнины Заволжья)

Грунтовые воды залегают обычно глубже 20—30 м и имеют общий интенсивный отток, обязанный высокой водопроницаемости галечниковой или песчаной толщи, лежащей в основании древних террас и подгорных равнин. Минерализация грунтовых вод низкая и средняя.

Баланс грунтовых вод регулируется интенсивным оттоком.

Солевой баланс относится к типу глубокого древнего рассоления. Однако остаточная засоленность, по преимуществу сульфатами Na, характерна для лёссовых толщ, слагающих эти территории.

Орошение усиливает процесс рассоления почв, грунтов и грунтовых вод. Новое освоение массивов этого типа сопровождается во многих случаях интенсивными просадками. Вторичное засоление почв в большинстве случаев не угрожает. Однако нарушение водопользования и потери воды на фильтрацию способствуют заболачиванию и засолению нижележащих территорий. Большие уклоны поверхности, свойственные оазисам этого типа, часто способствуют развитию ирригационной эрозии и смыву плодородных почвенных горизонтов.

Ведущие мероприятия. Всемерная борьба с потерями в сети и на полях для охраны мелиоративного благополучия нижележащих территорий. На вновь осваиваемых землях — профилактика возможных просадок и борьба с провальной водопроницаемостью. Борьба с ирригационной эрозией.

ЧАСТЬ ПЯТАЯ

ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ

Введение

Мероприятия мелиоративной и агрономической науки, направленные на борьбу с засолением почв, построены главным образом на системе воздействий на почву и грунтовые воды. Севооборот, обработка почвы и поливы, регулирующие ее солевой и водный режим, промывка засоленных почв и их дренаж, вызывающие коренное изменение солевого режима и степени засоления почв,— вот главнейшие приемы освоения засоленных почв и получения на них устойчивых высоких урожаев.

Но в этом комплексе отсутствуют использование способности растения приспосабливаться к засоленным почвам и повышать свою солеустойчивость. Таким образом, из комплекса мероприятий, рассчитанных на получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных растений на засоленных почвах, практически полностью выпадает использование самого растения и свойственной ему способности приспособления к обстановке.

Проблема солеустойчивости растений и методы ее повышения сравнительно не достаточно привлекали внимание исследователей. Характерно, что наиболее интересные теоретические исследования в области проблемы галофитизма выполнены в скандинавских странах, где, как известно, засоленные почвы занимают ничтожное место.

Детальное рассмотрение обширной литературы, посвященной вопросам влияния солей на растения, условий солеустойчивости растений и, наконец, литературные материалы, характеризующие токсические пределы солей для различных растений, приведены нами в монографии «Солончаки и солонцы», опубликованной в 1937 г.

Подводя итоги изученности взаимоотношений растений и солей к этому периоду и изложив советский и зарубежный литературный материал по этому вопросу, мы отметили, что основными факторами повреждения растений солями являются:

1) нарушение поступления воды в клетку вследствие того, что осмотическое давление в почвенном растворе больше, чем в клетке (физиологическая сухость);

2) нарушение процессов ассимиляции, дыхания, превращения крахмала;

3) паралич устьичного аппарата и ненормальная транспирация, влекущая за собой высыхание растений.

Тогда же мы обращали внимание на высказывания И. В. Якушкина и П. Л. Гиббарда о вероятности нарушения нормального поступления необходимых для растений элементов минерального питания — железа, кальция, фосфора и ряда микроэлементов. Мы всячески подчеркивали необходимость изучения этого чрезвычайно важного явления, проследив на почвах различной степени засоленности характер минерального питания растения и его зольный состав от всходов до созревания. Тогда же мы настаивали на необходимости постановки в Советском Союзе исследований явлений токсичности солей в почвах для различных растений и, наконец, разработки способов повышения солеустойчивости растений.

Из опубликованной и известной автору литературы по данному вопросу после нашей книги появились лишь отдельные статьи и интересный выпуск Трудов «Вопросы солеустойчивости растений», изданный в 1942 г. в Ташкенте Узбекистанским филиалом Академии Наук СССР.

Поэтому автор считает возможным, не произведя повторного пересмотра выполненного им ранее обзора литературы по вопросам токсичности солей и солеустойчивости растений, остановиться в последующем лишь на кратком изложении важнейших вопросов физиологии и биологии растений, находящихся под воздействием солей, используя материалы последних лет.

Глава I

ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ

1. Влияние солей на водный режим растений

Влияние солей на развитие растений в исключительно резкой форме проявляется в изменении их водного режима. Начиная с периода набухания семян перед всходами и далее через все фазы развития растения на засоленных почвах вплоть до созревания, водный режим угнетенных легкорастворимыми солями растений резко отличается от водного режима нормальных растений. Так, скорость процесса набухания семян хлопчатника прогрессивно снижается по мере увеличения концентрации солей в воде (табл. 1, данные В. А. Бурыгина и И. Е. Елсукова).

Таблица 1

Набухание и прорастание семян хлопчатника на фоне различной засоленности

Минерализация раствора, в г/л		Вес 100 семян после замочки		Набухаемость в % от первоначального веса	Проросло, в %
по плотному остатку	по Cl	в г	в % к контролю		
0.00	0.00	28.76	100.0	134	75
1.38	0.21	26.86	93.3	114	69
2.64	0.40	27.21	94.8	107	70
5.61	0.85	26.21	91.3	107	67
8.44	1.28	26.31	91.6	110	60
10.10	1.53	26.10	90.1	100	52
13.40	2.01	25.71	89.5	106	51
19.50	2.96	25.60	89.3	102	20
26.20	3.96	26.10	90.9	—	11

Растворы, содержащие солей более 2.6 г/л, задерживают прирост веса набухающих семян на величину до 15—34% против дестилированной воды. При концентрации солей более 8.5 г/л набухание семян практически прекращается. Замедление процесса набухания и поступления воды в семена растений резко сказываются на энергии их прорастания.

При повышенных концентрациях солей семена хлопчатника прорастают лишь в размере 15—25% от прорастания их в пресных растворах (табл. 1).

Замедление поступления воды в семена из засоленных растворов было показано и опытами В. А. Новикова. Им установлено, что для всходов семян хлопчатника необходимо определенное и довольно постоянное количество воды, поглощенное семенами, порядка 86—93% от веса семени. Семена поглощают необходимое им количество воды из незасоленного почвенного раствора как в процессе набухания коллоидов семян, когда развивается давление порядка 1 000 атм, так и с известного момента за счет всасывания воды семенами осмотическим путем, за счет влияния веществ, растворенных в клеточном соке набухающих семян.

В засоленных растворах, по исследованиям В. А. Новикова, после поглощения семенами сравнительно больших количеств воды, благодаря набуханию коллоидных тканей, дальнейшее поглощение небольшого количества воды, необходимого для достижения «влажности развития всходов» (86—93%), невозможно вследствие того, что осмотическое давление клеточного сока в семенах оказывается меньше, чем осмотическое давление засоленного почвенного раствора. Это приводит к тому, что несмотря на допосевную замочку семян хлопчатника и влажность засоленных почвенных горизонтов, семена могут лежать в пахотном горизонте засоленной почвы неопределенно долгое время, не давая всходов. Причина этого заключается в высокой концентрации солей в почвенном растворе, вследствие чего семена не могут довести свою влажность до величины, при которой начинается развитие растений (табл. 2).

В табл. 2 приведены цифры В. А. Новикова, иллюстрирующие процесс замедления накопления воды семенами хлопчатника по мере увеличения засоленности раствора, задержку начала всходов в связи с этим по мере роста засоленности среды и отсутствие всходов при высококонцентрированных растворах (больше 0.3 *n*).

Все это свидетельствует об исключительной важности подготовки семян растений к посеву на засоленных почвах, подсказывая необходимость поиска методов повышения скорости поглощения семенами влаги, скорости и величины их набухания и допосевного прохождения первичных фаз их развития.

Однако с первых дней появления зеленых органов у взошедших растений возможность поглощения растениями воды начинает возрастать за счет увеличения силы сосания в листьях, вследствие транспирации и накопления продуктов ассимиляции. Известно, что сосущая сила в листьях хлопчатника может достигать 12—15 атм, что превышает осмотическое давление почвенных растворов слабо- и среднезасоленных почв, встречающихся на орошенных полях Средней Азии. Поэтому после всходов растения на слабо- и среднезасоленных почвах могут оправиться и развиваться удовлетворительно.

Но на почвах высокой засоленности расстройство водного режима

Таблица 2

Содержание воды в семенах хлопчатника сорта Пима на растворах разной концентрации

(в % на сухое вещество)

Время набухания в час.	Степень засоления в *n* NaCl					
	0.0	0.5	0.1	0.2	0.3	0.4
12	89.0*	75.9	70.1	66.2	59.7	59.4
24	112.2	86.6*	76.0	70.4	69.0	65.5
48	191.7	129.0	93.9*	79.4	76.8	71.2
72	—	—	102.2	86.2*	79.9	75.7

Примечание. Звездочкой указано наличие прорастания семяи.

растений будет проявляться и в дальнейшем. Это обязано еще и тому, что параллельно с ходом вегетационного периода количество солей в корнеобитаемом горизонте засоленных почв и, в особенности, концентрация и осмотическое давление почвенного раствора обычно сильно возрастают.

Таким образом, несмотря на способность растения после образования на нем первых листьев преодолевать бывшую до того концентрацию солей в почвенном растворе, процесс сезонного засоления почвы создает новые трудности для нормального поглощения воды растениями и нормального их развития.

Чем более засолена почва, чем более концентрирован почвенный раствор корнеобитаемых горизонтов почвы, тем меньше воды принуждено транспирировать растение. Это обнаруживается в течение всего вегетационного периода хлопчатника как в ранних, так и поздних фазах его развития (табл. 3).

Так, в условиях Голодной Степи, по данным Х. Аманова, хлопчатник с засоленного участка испарил за июнь — июль — август 529.5 м³/га, со слабозасоленного участка — 2256.0 м³/га, с незасоленного участка с самым лучшим хлопчатником — 4041.0 м³/га.

Таким образом, хлопчатник со слабозасоленных и незасоленных почв расходовал в течение лета в 4—7.6 раза больше, чем хлопчатник угнетенный, растущий на сильнозасоленных почвах.

Все это свидетельствует о глубоком расстройстве водного режима растений на засоленных почвах вследствие несоответствия осмотического давления и сосущей силы клеточного сока и почвенного раствора. Естественно, что расстройство водного питания растений глубоко отзывается и на расстройстве минерального питания.

2. Влияние солей на минеральное питание растений

Нарушение нормального водного режима растений под влиянием засоленности почв и почвенного раствора должно сказываться и на нарушении нормального поступления минеральных веществ в корневую систему и ткани растений.

Таблица 3

Транспирация воды хлопчатником в зависимости от степени засоленности почв

(данные Х. Аманова)

Дата	Испарение воды за день		Листовая поверхность 1 растения, в см²	Интенсивность транспирации	
	с 1 растения в г	с 1 га в м⁴		на 1 дцм² за 1 час в г	на 10 г свежего веса
Почва сильно засоленная. Хлопчатник сильноугнетенный					
5.VIII	15.97	—	147	0.072	1.63
30.VIII	87.84	—	1 350	0.043	0.97
21.IX	195.5	—	1 775	0.073	1.83
Почва менее засоленная. Хлопчатник угнетенный					
4.VII	31.71	2.54	269	0.80	1.71
9.VIII	735.37	10.83	—	—	—
20.IX	299	23.94	2 737	0.100	2.57
Слабозасоленная почва. Хлопчатник слабоугнетенный					
5.VII	278.91	27.9	2 358	0.067	1.78
10.VIII	424.3	42.2	—	—	3.43
Почва незасоленная. Хлопчатник хороший					
3.VII	661.7	66.2	2 554	0.173	4.29
8.VIII	520.3	52.0	3 010	0.115	2.78

Поступление минеральных питательных веществ из раствора в растения мы не можем в настоящий момент рассматривать как механический ток с водой, всасываемой в связи с транспирационной деятельностью растений. В основе минерального питания растений и в основе механизма поступления минеральных веществ в его ткани лежат, как показано исследованиями советских и зарубежных ученых, реакции адсорбционного поглощения и обмена. Появление и накопление в почвенном растворе засоленных почв большого количества различных электролитов вызывает существенные изменения в проницаемости и свойствах клеточной плазмы и нарушает нормальное поступление питательных веществ в ткани.

Зольный состав растений, как отражающий в суммированном виде процесс минерального питания, должен подвергаться существенным изменениям под влиянием воздействия на растение засоленных почвенных растворов, нарушающих нормальное поступление зольных веществ.

Сопоставляя зольный состав угнетенных и нормальных растений, можно установить те изменения в характере минерального питания,

которые связаны с токсическим воздействием избыточных количеств легкорастворимых солей.

Анализируя особенности среды, создаваемой высококонцентрированными почвенными растворами, свойственными засоленным почвам, можно ожидать следующие отклонения от нормального хода минерального питания растений:

В высококонцентрированных почвенных растворах ряд веществ находится в недиссоциированном состоянии насыщенных растворов; поступление этих веществ в ткани растений затруднено. Таковыми будут в концентрированных почвенных растворах обычно $CaSO_4$, $Ca(HCO_3)_2$, а также соединения железа и марганца. Это может обусловить ограничение возможности поступления Ca, S, а также Fe и Mn в ткани растений.

Большая часть присутствующих в почве соединений этих же элементов при высококонцентрированных почвенных растворах будет вообще находиться в твердой фазе почвы, исключаясь из раствора, с которым взаимодействуют ткани корневых волосков растений.

В сумме оба обстоятельства, таким образом, могут вызвать недостаточное поступление в ткани растений Ca, S, Fe и Mn. С другой стороны, в высококонцентрированных почвенных растворах на первое место в составе солей входят $MgCl_2$, NaCl, Na_2SO_4 и $MgSO_4$. Это, по данным многих исследователей (Саввин, Рихтер, Шестаков, Швынденков и др.), будет вести к повышенному накоплению в тканях растений ионов $Na^{\cdot}$, $Mg^{\cdot\cdot}$, Cl' в ущерб $Ca^{\cdot\cdot}$, $K^{\cdot}$.

Так как для почвенных растворов большинства сильнозасоленных почв характерно резко выраженное преобладание хлоридов, то следует ожидать, что в угнетенных растениях, в отличие от нормальных, поступление ионов SO_4'' в ткани будет сильно замедлено.

Сходно с этим воздействие высококонцентрированных почвенных растворов.

Общеизвестно также, что появление в растворах значительных концентраций $Na^{\cdot}$ способствует разрыхлению протоплазмы и увеличению ее проницаемости, в то время как при относительно большем содержании $Ca^{\cdot\cdot}$ происходит уплотнение протоплазмы и понижение проницаемости ее для вредных солей.

Таким образом, уже априорный анализ возможного влияния высококонцентрированных почвенных растворов на характер поступления минеральных веществ в растения позволяет ожидать, что с повышением концентраций почвенных растворов будет замедляться поступление в растения таких важных для их нормального развития элементов, как Ca, K, S, Fe, Mn.

С другой стороны, можно ожидать, что эти отклонения от нормального процесса минерального питания растений будут сопровождаться избыточным поступлением наиболее легкорастворимых соединений, накопляющихся в почвенных растворах NaCl, $MgCl_2$ и др. Обращаясь к литературным материалам, мы действительно находим подтверждение высказанным предположениям.

Нами показано раньше (1945), что большинству растений свойствен определенный состав зольных веществ, накопляющихся в тканях. Однако давно уже подмечено (Саввин, 1916), что повышенное содержание легкорастворимых солей в почвах вызывает повышение их содержания и в тканях растений. В частности, Саввиным было показано, что количество поступающей и накапливающейся в растениях соединений фосфорной кислоты будет тем больше, чем выше содержание их в питательном растворе.

Рогальский (1916), изучавший динамику состава солей в хлопчатнике, устанавливает, что наибольшее количество минеральных веществ содержится в ранний период его развития; позже содержание минеральных веществ в нем падает.

Накопление легкорастворимых солей в тканях растений в связи с засоленностью почвенных растворов было отмечено акад. А. А Рихтером. Так, для пшеницы им установлено следующее увеличение содержания Cl по мере увеличения степени засоленности

Степень засоления, *n*	Содержание Cl в тканях, в %
0.0	0.25
0.1	1.08
0.3	2.04
0.5	5.11

Расстройство минерального питания растений под влиянием избыточного содержания солей в почвах было показано исследованиями Липмана, Дэви и Веста для пшеницы. Изучая химический состав пшеницы, росшей при различной степени содержания NaCl, они получили следующие данные (табл. 4).

Таблица 4

Влияние избыточного содержания хлористого Na на минеральный состав пшеницы (в %)

Концентрация NaCl на мг/л	Общее содержание золы	Ca	Mg	Cl	SO_4	Na	K
0	7.91	1.11	0.20	0.12	2.31	0.09	1.73
300	6.98	0.26	0.13	1.55	0.69	1.45	1.50
750	8.89	0.22	0.01	2.65	0.54	1.15	1.24
800	10.42	0.24	0.14	3.78	0.47	2.25	1.71
850	10.11	0.27	0.14	3.62	0.68	2.14	1.53
900	11.71	0.26	0.11	4.66	0.69	2.27	1.83
950	12.65	0.32	0.04	5.14	0.70	2.62	1.81

Изучая эти интересные данные, можно видеть, что параллельно с увеличением концентрации хлористого Na резко возрастает содержание минеральных веществ в растениях пшеницы и, в особенности, содержание Cl и Na. Содержание Ca, Mg и SO_4 падает, содержание K хотя и остается стабильным, но по отношению к Cl также уменьшается.

Таким образом, и эти данные свидетельствуют о глубоком расстройстве механизма поступления необходимых для растений зольных веществ под влиянием избыточного содержания хлористого Na в питательной среде.

К сходным выводом приходят И. И. Колосов, Ю. А. Самыгин и М. И. Сорокина. Ими установлено, что засоление NaCl и KCl уменьшает «отношение воднорастворимых ионов K· и Ca·· к адсорбированным», что резко меняет коллоидно-химические свойства тканей растений и вызывает депрессию урожая пшеницы.

Для иллюстрации расстройства минерального питания растений на солонцовых почвах сошлемся на данные зольного состава гречихи, выращенной Иоффе (Нью-Джерси) на субстратах, имеющих односторонний искусственный состав обменных катионов. Гречиха, выращенная в условиях вегетационного опыта на почвах, содержащих один обменный K· и Mg··, отличалась исключительно малым (в 5—6 раз меньше контрольного), по сравнению с нормальными растениями, содержанием Ca в золе, что свидетельствует о несомненном голодании растения на Ca. Это же обусловило значительное снижение урожая. К сожалению, автором не было изучено развитие растения при одностороннем насыщении почв обменным Na·, но следует полагать, что результат был бы такой же.

Расстройство минерального питания растений под влиянием большого содержания солей в почвах можно видеть также на прекрасном примере, описанном С. Равикович и Н. Биднером, на засоленных почвах Палестины (долины рек Израель и Иордана). Авторы установили, что угнетенный солями клевер (чахлое развитие, изреженность стояния, желтизна) характеризуется очень высоким содержанием зольных веществ, достигающим 20%. Чем больше степень угнетенности растений клевера, тем выше в них содержание золы. Нормальные растения содержали всего лишь 9—10% золы. К осени, когда количество солей в почвах вследствие сезонного соленакопления сильно возрастает, зольность клевера также увеличивается. Чем больше угнетенность растений клевера и чем больше засоленность почвы, тем в большей степени в составе золы преобладают растворимые соли, главным образом, хлориды. Последние, по наблюдениям указанных авторов, составляли 50—60% суммы всех солей. Зимой, в период дождей, и весной, когда степень засоленности почв резко уменьшается, состояние клевера, по наблюдениям авторов, значительно улучшается, урожай укоса возрастает, а содержание зольных веществ и в особенности хлоридов в золе падает.

Изучая параллельно состав золы и, в частности, содержание хлоридов в клевере, произрастающем в районах незасоленных почв долины Иордана, авторы убедились, что хорошо развитый, неугнетенный клевер хотя также отличается сравнительно высоким содержанием золы, но доля хлороидов в процентах от суммы легкорастворимых солей составляет всего лишь 7—14%. В золе же клевера, выросшего на засоленных почвах долины Израель, содержание хлоридов составляло 28—36%.

Все это дало авторам основание притти к выводу о том, что засоленные почвы вызывают избыточное накопление хлоридов Na в составе веществ, поступающих в растения клевера, что, в свою очередь, нарушает нормальные физиологические функции (табл. 5).

Таблица 5

Влияние избыточного содержания солей в почвах на содержание золы, растворимых солей и хлоридов в клевере

(Палестина, в %)

Местоположение	Дата взятия проб	Состояние клевера	Зола	Растворимые соли	Хлориды	Хлориды в % от суммы солей
Долина Израель						
Гева	XI—1936	Попорчен	19.01	11.24	4.06	36.1
	XI—1936	Пострад.	16.46	8.78	2.47	28.1
	III—1937	Норм.	18.09	11.90	1.59	13.4
	V—1937	Норм.	13.83	8.01	1.83	22.9
Айн Гарод	XI—1936	Сильно пострад.	20.93	11.10	3.14	28.3
	III—1937	Норм.	13.53	7.39	0.939	12.7
	V—1937	Норм.	14.76	7.38	2.46	33.3
Тель Жозеф	XI—1936	Поврежд.	17.10	10.46	3.24	31.0
	III—1937	Норм.	15.87	10.07	1.52	11.3
	V—1937	Норм.	10.75	6.38	1.93	30.3
	III—1937	Норм.	16.02	11.21	0.823	7.3
	V—1937	Норм.	9.29	5.53	1.40	25.3
Долина Иордана						
Деганна А	—	Норм.	16.93	10.37	1.35	13.0
Деганна В	—	Норм.	18.34	11.39	0.829	7.3
	—	Норм.	18.32	11.91	1.69	14.2
Кинефет	—	Норм.	15.90	9.50	0.961	10.1

Сходные результаты установлены Демиденко, показавшим, что с увеличением осмотического давления почвенного раствора количество минеральных солей, накапливающихся в тканях растений, увеличивается. Демиденко подметил это явление в отношении Cl, Ca и P.

Подробные исследования А. Г. Шестакова и В. Г. Швынденкова (1934) установили, что повышенное содержание магнезиальных солей в растворах вызывает повышенное накопление их в тканях растений. Одновременно отмечается замедление в поступлении и накоплении в растении Ca, особенно в присутствии большого количества $MgSO_4$. Высокие концентрации сернокислых и хлористых солей Mg вызывают накопление их в тканях растений. Обычно при этом накопление хлоридов растениями протекает интенсивнее, чем накопление сульфатов.

С. С. Басловской (1936) показано, что азотнокислые соли снижают

поступление в растения хлоридов. Хлориды, в свою очередь, снижают поступление сульфатов.

С другой стороны, М. М. Мазаевой (1937—1938) показано, что повышенное содержание хлоридов способствует относительному уменьшению поступления К в растения.

Детальные исследования зольного состава растений хлопчатника периода созревания, проведенные В. А. Ковда и Л. Я. Мамаевой, позволили установить интересные закономерности расстройства минерального питания растений под влиянием избыточного содержания солей. Химический состав хорошо развитых нормальных растений служит удобным стандартом для сравнения с ним состава угнетенных растений, собранных с засоленных почв. Результаты этих исследований приведены в табл. 6.

Таблица 6

Химический состав минеральной части растений хлопчатника и волокна
(в % на сухое вещество, анализы Л. Я. Мамаевой)

Состояние растений	Сумма минерального вещества	Cl	SO_4	Mg	Ca	Na	K	SiO_2	Al	Fe_2O_3	P_2O_5	Mn
Хлопчатник нормальный	10.46	0.61	2.27	0.55	2.89	0.23	2.30	0.51	0.06	0.25	0.30	0.01_2
Среднее из 7 .	—	100.0	355.0	86.0	467.0	36.0	360.0	80.0	9.0	40.0	47.0	1.7
Хлопчатник сильно угнетенный . . .	12.07	1.47	2.75	1.22	2.35	0.47	2.60	0.81	0.10	0.21	0.3^3	0.013
Среднее из 8 .	—	100.0	214.0	83.0	160.0	32.0	180.0	55.0	7.0	14.0	26.0	$0.^3$

Этими данными устанавливается, что сухое вещество угнетенных растений хлопчатника характеризуется повышенной зольностью, а состав минеральной части резко отличается от нормального. Угнетенный хлопчатник как бы перегружен хлористыми солями Mg и Na, количество которых в два раза больше по сравнению с нормальными растениями. Кроме того, произошло избыточное накопление кремнезема и алюминия. Наряду с этим понижено поступление в угнетенные солями растения таких важных элементов, как Ca, Fe, K, Mn.

Рассчитав данные анализа по отношению к Cl, принятого за 100, можно видеть, что по сравнению с хлоридами Mg и Na растения хлопчатника, угнетенные большим содержанием солей, получают:

Ca, Fe . . . . . в 3 раза меньше нормы
K, P, Mn . . . . . » 2 » » »
SO_4, SiO_2 . . . . . » 1.5» » »

«Физиологическая недоступность» этих питательных веществ в засоленных почвах объясняется: во-первых, высокой концентрацией солей

в почвах, понижающей диссоциацию и ведущей к выпадению части соединений из раствора в осадок, и, во-вторых, высоким осмотическим давлением почвенного раствора, затрудняющего поступление последнего в ткани корневой системы.

Состав зольных веществ в растениях хлопчатника в зависимости от степени угнетения его солями изучался также на Золотоордынской опытно-мелиоративной станции СоюзНИХИ. Анализы зольных веществ, произведеныые методом сжигания (при котором не исключались потери ряда соединений), установили, что по мере увеличения степени угнетенности растений в них необычайно сильно возрастает содержание Cl (в 3 раза против нормы), Na (почти в 11 раз против нормы) и K (в 15 раз против нормы). Одновременно содержание SO_4 уменьшается больше чем в 2 раза, а содержание Ca в наиболее угнетенных растениях — почти в 5 раз. Соответственно увеличению количества Na и K возрастает и общая щелочность вытяжки из золы.

Таким образом, данные СоюзНИХИ подтверждают установленную закономерность коренного изменения минерального состава хлопчатника по мере увеличения его угнетенности солями. Здесь также констатируется перегрузка ткани угнетенных растений хлоридами Na и K (последнее в отличие от наших данных) и резко выражен недостаток Ca и SO_4 (табл. 7).

Таблица 7

Состав зольных веществ в растениях хлопчатника в зависимости от степени угнетения их солями

(данные СоюзНИХИ, в %)

Состояние растений	Cl	SO_4	Ca	Щелочность общая	Na	K
Хорошее	0.59	2.260	0.425	0.160	0.07	0.09
Среднее	0.73	1.590	0.205	0.162	0.07	0.09
Угнетенное	0.84	1.260	0.105	2.05	0.80	1.26
Плохое	1.67	1.080	0.099	2.30	0.95	1.41

В 1938—1940 гг. нашей лабораторией (Л. Я. Мамаева) были проведены дальнейшие систематические исследования зольного состава хлопчатника различной степени угнетенности солями, начиная от всходов вплоть до созревания. Эти исследования полностью подтвердили высказанные выше положения о расстройстве минерального питания хлопчатника под воздействием избытка легкорастворимых солей в почвах.

Для наблюдения на полях совхоза Пахта-Арал (Голодная Степь) отводились участки с различными степенями засоленности почвы и различной угнетенностью всходов хлопчатника солями. Наблюдательные участки закреплялись на протяжении всего вегетационного периода. Параллельно со взятием почвенных образцов для характеристики состава и количества солей брались образцы хлопчатника по трем фазам веге-

тации: всходы, бутонизация, созревание — для последующего зольного анализа. При всходах для анализа хлопчатника бралось до 20—30 растений, позже, по мере роста растений,— 6—4. После тщательной очистки растений от механических примесей и измельчения (без разделения на корни и стебли) подготовленная к анализу навеска в количестве 10—15 г сжигалась в азотной кислоте, с применением в отдельных случаях перекиси водорода; Cl определялся в отдельной навеске по методу Фольгарда.

Из обширного материала, полученного Л. Я. Мамаевой, мы приводим лишь небольшую часть, иллюстрирующую главнейшие особенности нарушения и расстройства минерального питания растений, угнетенных солями (табл. 8).

Как в период всходов, так и на поздних и заключительных фазах вегетации хлопчатника угнетенные солями растения, растущие на засоленных почвах, характеризуются значительно большей общей зольностью. Так, в период всходов сильноугнетенные экземпляры растений содержали 17—20% минеральных веществ, в то время как нормальные — лишь 14—16%. В период созревания разница в содержании минеральных веществ обычно несколько сглаживается, так как и для нормальных и для угнетенных растений, развивающихся на засоленных почвах, характерно общее постепенное уменьшение средней суммы содержания минеральных веществ.

Сопоставляя зольный состав нормальных и угнетенных солями растений, можно видеть, что угнетенные растения, особенно в период всходов, характеризуются в сравнении с нормальными значительно более высоким содержанием SiO_2 (в 4—5 раз), Al_2O_3 (3—5 раз), P_2O_5 (3—5 раз), Cl (2—3 раза), Mg и Na (2—6 раз). Наоборот, содержание Ca, K, SO_4, оказывается меньше, либо таким же, как и содержание их в нормальных, неугнетенных растениях.

Таким образом, простое сопоставление зольности и содержания основных компонентов минерального состава нормальных и угнетенных экземпляров хлопчатника обнаруживает, что под влиянием высокого содержания солей в засоленных почвах и угнетения ими растений хлопчатника последние перегружаются минеральными веществами, характеризуются повышенным содержанием золы и обнаруживают резко выраженное накопление соединений Si, Al, P, Cl, Mg, Na с одновременным недобором Ca, SO_4, K.

Следует, однако, учитывать, что общее количество минеральных веществ, вовлекаемых растениями в биологический круговорот, по мере увеличения степени угнетенности их солями уменьшается. Это обязано тому, что сильно угнетенные экземпляры растений обладают ничтожной высотой и малым весом. Соответственно количество минеральных веществ, вовлекаемых нормальными и угнетенными растениями, в пересчете на один куст оказывается для угнетенных растений исключительно небольшим. Так, в период созревания хлопчатника установлены следующие размеры и вес растений и соответственные им количества минеральных веществ (табл. 9).

Таблица 8

Минеральный состав хлопчатника различного состояния по фазам вегетации

(в % на сухое вещество)

Состояние хлопчатника	Фазы вегетации	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	P_2O_5	Cl	SO_4	Ca	Mg	K	Na	Сумма минеральных веществ, в %
Нормально развивающийся в период всходов и начавший отставать в росте при и после бутонизации	Всходы	1.268	0.0587	0.1127	0.470	0.852	3.340	3.553	0.871	3.349	0.203	14.17
	Бутонизация	0.389	0.0468	0.0591	0.688	0.479	3.546	2.847	0.702	3.100	0.098	11.98
	Созревание	0.430	0.060	0.0190	0.290	0.761	2.427	3.340	0.618	2.157	0.103	9.98
Нормально развивающийся в течение всей вегетации	Всходы	0.726	0.470	0.0327	0.583	1.541	3.831	3.352	0.811	4.675	0.419	16.10
	Бутонизация	0.465	0.342	0.0629	0.729	0.788	2.835	3.010	0.686	2.775	0.138	11.53
	Созревание	0.456	0.638	0.1358	0.2408	0.401	3.234	3.950	0.355	2.114	0.046	10.65
Угнетенный в период всходов	Всходы	5.163	0.1963	0.4687	1.623	1.564	2.038	1.834	0.870	3.505	0.548	17.00
	Бутонизация	1.526	0.110	0.133	0.553	1.976	3.473	3.894	0.943	3.447	0.406	16.46
	Созревание	0.396	0.0594	0.0855	0.1605	0.816	1.726	2.287	0.577	1.883	0.196	8.19
Сильноугнетенный	Всходы	5.021	0.1412	0.4125	2.116	2.849	3.053	1.262	1.106	3.543	1.227	20.73
	Бутонизация	0.650	0.588	0.0985	0.729	2.047	5.944	2.107	1.479	3.397	0.631	17.14
	Созревание	0.726	0.0757	0.1965	0.519	0.816	3.061	1.970	1.154	3.517	0.436	11.78

Таблица 9

Размеры растений хлопчатника в зависимости от угнетения солями

Состояние растений	Высота, в см	Вес 1 куста, в г	Минеральные вещества на 1 куст в г,
Нормальное	140—155	400	42.6
Угнетенное	85—90	112	9.7
Сильно угнетенное . . .	30—40	15	1.76

Интересно сопоставление динамики накопления зольных веществ в хлопчатнике различной степени угнетенности. Содержание Ca в нормальных экземплярах хлопчатника к концу вегетации достигает 4%, в угнетенных не выше 2%. Содержание Ca в золе угнетенного хлопчатника тем меньше, чем больше степень его угнетения.

Значительно лучше можно видеть изменения в характере зольного состава нормальных и угнетенных растений, пересчитав данные анализа по отношению к Mg или Cl, приняв последние за единицу. Результаты этих пересчетов, выполненных Л. Я. Мамаевой, приведены в табл. 10.

Сопоставляя качественный состав нормальных и угнетенных всходов хлопчатника, можно видеть, что по отношению к Cl или Mg, принятым за единицу, нормальные всходы отличаются очень высоким содержанием K, Ca и SO_4. Относительное содержание K, Ca и SO_4 в нормальных экземплярах хлопчатника превышает в 3—4—6 раз содержание Cl или Mg. В угнетенных и сильноугнетенных всходах хлопчатника мы встречаемся с другой картиной. На одну долю Cl или Mg приходится K не выше 1—2—4, Ca — не выше 0.4—1—2 и SO_4—не выше 1—2. Еще резче недобор K, Ca, SO_4 проявляется в период созревания. В зольном составе нормальных экземпляров хлопчатника на одну долю Cl или Mg приходится K—2. 8—5. 2—6, Ca—4—10—11 и SO_4—3—8. В угнетенных же экземплярах на одну долю Cl или Mg приходится K—2—4, Ca—2.8——2.4—4.7 и SO_4—2—3.7.

Таким образом, устанавливается действительно нарушение соотношения минеральных веществ и недостаточное поступление в угнетенные солями растения таких важнейших элементов зольного питания, как K, Ca и S.

Нарушение и расстройство минерального питания угнетенных солями растений сказывается и на зольном составе волокна хлопчатника (табл. 11).

Для волокна, собранного с угнетенных экземпляров хлопчатника, характерна значительно более высокая зольность (на 76% выше, чем у нормальных растений), очень высокое содержание Al, вдвое превышающее содержание в волокне нормальных растений, а также высокое содержание Ca (на 73% выше нормы), K (на 240% выше нормы) и Na (на 50% выше нормы). Естественно, что столь значнтельное повыше-

Таблица 10

Минеральный состав хлопчатника различного состояния по фазам вегетации по отношению к Mg *и* Cl

Состояние хлопчатника	Фазы вегетации		Cl	P_2O_5	SO_4	Ca	Mg	K
Нормально развивавшийся в период всходов и начавший отставать в росте после бутонизации	Всходы	от Cl / от Mg	1 / 0 9	0.5 / 0 5	3.9 / 4	4.1 / 4.0	1 / 1	4.1 / 4
	Бутонизация	от Cl / от Mg	1 / 0 6	1.4 / 1.2	7.4 / —	6.0 / —	1.2 / 1	6 5 / 6.0
	Созревание	от Cl / от Mg	1 / 1.2	0.4 / 0.5	3.2 / 4	4.4 / 5	0 8 / 1	2.8 / 4
Нормально развивавшийся в течение всей вегетации	Всходы	от Cl / от Mg	1 / 1.9	0.4 / 0.7	2.5 / 5.0	2.2 / 4.0	0.5 / 1	3.0 / 6
	Бутонизация	от Cl / от Mg	1 / 1.1	0.9 / 1.1	3.5 / 4.0	3.8 / 4.0	0.9 / 1	3.5 / 4
	Созревание	от Cl / от Mg	1 / 1.1	0.6 / 0,7	7.0 / 8.0	10.0 / 11.0	0.9 / 1	5.2 / 6
Угнетенный в период всходов	Всходы	от Cl / от Mg	1 / 1.8	1.0 / 2.0	1.3 / 2.3	1.2 / 2.1	0.5 / 1	2.2 / 4
	Бутонизация	от Cl / от Mg	1 / 2.1	0.3 / 0.5	1.7 / 4.0	2.0 / 4.0	0.5 / 1	1.7 / 4
	Созревание	от Cl / от Mg	1 / 1.4	0.4 / 0.6	2.1 / 3.0	2.8 / 4	0.7 / 1	2.3 / 3.0
Сильно угнетенный	Всходы	от Cl / от Mg	1 / 2.6	0.7 / 2.0	1.0 / 2.7	0.4 / 1.1	0.4 / 1	1.2 / 3.2
	Бутонизация	от Cl / от Mg	1 / 1.4	0.3 / 0.5	2.0 / 4.0	1.0 / 1.4	0 7 / 1	1.6 / 2.3
	Созревание	от Cl / от Mg	1 / 0.7	0.6 / 0.5	3.7 / 2.6	2.4 / 4.7	1.4 / 1	4 3 / 3.9

ние зольности волокна угнетенных растений хлопчатника резко отзывается на показателях его качества (равномерность, крепость), сильно их снижая.

Ниже (стр. 251) приведены данные, показывающие губительное влияние избыточного содержания легкорастворимых солей в почвах на качество волокна хлопчатника.

В какой степени установленное нашими исследованиями расстройство минерального питания хлопчатника под влиянием избыточного содержания легкорастворимых солей характерно также и для других растений, мы сейчас сказать не можем. Известно, что различные растения по-разному приспособлены к борьбе за свое существование в условиях засоленных почв, и не исключено, что некоторые растения на засоление будут реагировать иначе. Однако есть указание в отношении свеклы на то, что по мере увеличения засоленности почвы в клеточном соке корня свеклы возрастает содержание легкорастворимых солей и, в особенности, хлоридов. Некоторые примеры приведены нами выше.

Таблица 11

Химический состав волокна хлопчатника различной степени угнетенности

(в % на сухое вещество)

Степень угнетенности хлопчатника	Сумма минеральн. веществ, в %	SiO_2	Al	P_2O_5	Cl	SO_4	Ca	Mg	K	Na
Хлопчатник, нормально развивавшийся в период всходов и начавший отставать в росте после бутонизации	1.18	0.013	0.003	0.045	0.003	0.134	0.613	0.080	0.284	0.05
Хлопчатник, нормально развивавшийся в течение всей вегетации	0.81	0.027	0.002	0.042	слабые следы	0.140	0.376	0.064	0.154	0.006
Среднее из 3 анализов волокна с угнетенного хлопчатника	1.40	0.024	0.004	0.046	0.031	0.101	0.653	0.061	0.523	0.009
То же, в % от минеральных веществ в нормальном хлопчатнике	176	88	200	109	—	72	173	95	340	150

А. А. Лазаревым и А. Н. Розановым (1945) на массовом материале показано, что в условиях Средней Азии повышенная засоленность почв, как правило, вызывает сильное увеличение общей зольности сахарной свеклы, общего и вредного азота и уменьшение сахаристости. В экземплярах свеклы, взятых с засоленных почв, констатировано накопление до 7.5% золы; в то же время в экземплярах, развивавшихся на почвах незасоленных, содержание золы не превышает 2—3%. Увеличение зольности свеклы на засоленных почвах обязано накоплению хлоридов и сульфатов.

Перегружаясь легкорастворимыми солями, растения вместе с тем до известной степени могут регулировать содержание поступающих в них вредных солей, используя для этого различные приспособления. Среди дикорастущих галофитов, как известно, распространена способность растений выделять легкорастворимые соли через железки (франкения, реомурия, тамарикс, кермеки, аджрек и др.), либо же способность сбрасывать волоски или листья, перегруженные легкорастворимыми солями (саксаул, лебедовые). Хлопчатник подобными свойствами не обладает,

однако для хлопчатника обнаружены также некоторые способы локализации и частичного освобождения от солей. Так, установлено значительное накопление легкорастворимых солей в листьях хлопчатника (табл. 12), достигающее при высоких степенях засоления 3—5% Cl от сухого вещества. Еще большее содержание солей скопляется в плодоножках. Таким образом, хлопчатник, сбрасывая стареющие листья, может до известной степени освобождаться от избыточного содержания вредных легкорастворимых солей, накопляющихся в его тканях.

Ряд растений из семейства лебедовых, густо покрытых с нижней стороны листьев шаровидными волосками, обычно переполняемыми солями, обладает способностью сбрасывать последние и освобождаться этим путем от избыточного количества солей.

Таблица 12

Содержание Cl в разных частях хлопчатника
(в % на сухое вещество, данные В. А. Новикова)

Степень засоления, *n*	Стебли	Листья	Плодоножки	Стенки коробочек	Венчики	Волокно
			Хлопчатник № 182			
0.0	0.58	1.91	2.15	0.93	—	0.19
0.1	0.98	2.08	3.79	1.45	—	0.08
0.2	—	3.08	4.51	—	—	—
0.3	1.65	5.89	—	2.14	0.99	—
			Хлопчатник № 1306			
0.0	—	—	—	—	—	—
0.1	1.02	2.51	3.12	1.07	—	0.38
0.2	1.13	3.66	5.61	1.17	—	0.40
0.3	1.26	4.72	5.97	1.80	0.72	—

Микроаналитическими исследованиями, проведенными Шардаковым, установлено, что хлопчатник, хотя и не обладает способностью выделять соли через специальные железы и вместе с опадающими волосками, в то же время аккумулирует часть избыточных солей в эпидермальных клетках, в обкладочных клетках внутренних железок, в листовых нектарниках и в замыкающих клетках устьиц. Все это, по мнению Шардакова, способствует освобождению ассимиляционной ткани листа от легкорастворимых солей и защищает от солей важнейший для существования растений процесс — фотосинтез.

Однако способность хлопчатника в известной степени регулировать содержание солей в тканях и особенно в тканях листа утрачивает значение при высоких степенях засоления почвы, когда нормальное минеральное питание полностью расстраивается и растение, перегружаясь одними компонентами, испытывает дефицит в отношении других.

3. Влияние солей на фотосинтез растений

Сводку новейших материалов по вопросу о влиянии солей на процесс фотосинтеза мы находим в интересном обзоре А. В. Благовещенского «Современное состояние вопроса об обмене веществ у галофитов» (1942). Вопрос о влиянии солей на процесс фотосинтеза имеет длительную историю. Уже в работах Шимпера есть указание на замедление процесса фотосинтеза под воздействием поваренной соли. Легкорастворимые соли, проникая в ткани растений и достигая листвы, вызывают у мезофитов, т. е. у растений, не приспособленных к высокому содержанию солей в почвах, разрушение крахмала и резкое ослабление процесса фотосинтеза.

Галофиты, т. е. растения, приспособленные к произрастанию на засоленных почвах, не обнаруживают этих явлений. Это показано исследованиями Монфора в опытах со срезанными листьями, помещенными черешками в солевой раствор. Под влиянием солей (хлоридов) происходит подавление деятельности хлоропластов и разрушение хлорофильных зерен. Этим, очевидно, объясняется, что предварительно обескрахмаленные листья сирени и подсолнечника в опытах Монфора, помещенные черешками в разбавленные растворы морской воды, не были способны образовать новый крахмал.

Характерно, что на прямом солнечном свете подавление фотосинтеза под воздействием солей проявляется значительно сильнее. Картину подавления хлоридами процессов фотосинтеза можно видеть по результатам исследований А. В. Благовещенского и его сотрудников с картофелем. Исследователи установили, что разложение углекислоты в присутствии 12 м. экв Cl в вегетационных сосудах с песчаными культурами протекало вдвое слабее, чем в контроле без хлоридов (табл. 13).

Как известно, картофель — культура, особенно реагирующая на токсическое воздействие солей. Количество клубней картофеля, являющихся складом продуктов фотосинтеза в форме крахмала, резко уменьшается в присутствии хлоридов.

Таблица 13

Влияние хлоридов на процесс фотосинтеза

(А. В. Благовещенский)

Время экспозиции	Разложено CO_2	
	контроль	хлориды
12 час. 21 мин. — 13 час. 31 мин.	8.74	1.78
3 » 35 » — 14 » 25 »	5.76	2.50
14 » 48 » — 15 » 25 »	11.56	5.12
15 » 30 » — 16 » 20 »	11.30	5.12
16 » 26 » — 17 » 15 »	4.37	3.89
17 » 25 » — 18 » 10 »	7.16	9.16
Итого	49.89	27.57

Так, по данным А. В. Благовещенского, был получен следующий урожай клубней (г сухого веса):

На незасоленных почвах (контроль)	240
На почве, содержащей 6 м. экв Cl	224
На почве, содержащей 12 м. экв Cl	196

Отрицательное влияние солей на энергию фотосинтеза хлопчатника и некоторых древесных растений можно видеть также по данным исследований Л. П. Ждановой, проведенных в Узбекистане в 1942 г. Л. П. Жданова исследовала процесс фотосинтеза на трех различных видах хлопчатника: египетский № 0270, американский № 8196, гуза № 2923. Опыт ставился в вегетационных сосудах, причем соли вводились в почву в форме растворов Вант-Гофа — Рихтера с таким расчетом, чтобы довести содержание солей по Cl до 0.2 *n*. Соли вносились после начала вегетации всходов.

Определение энергии фотосинтеза по поглощенной углекислоте путем протягивания атмосферного воздуха через специальную камеру с листом установило, что для всех трех сортов хлопчатника характерно уменьшение энергии фотосинтеза под влиянием засоления. Особенно сильна депрессия фотосинтеза для гузы № 2923. Египетский хлопчатник обнаружил меньшее подавление фотосинтеза под влиянием солей.

Параллельное изучение фотосинтеза у древесных растений в условиях больших вегетационных сосудов при засолении почвы до 0.2 *n* NaCl установило, что и древесные культуры, особенно груша, испытывают чрезвычайно сильное подавление фотосинтеза под влиянием засоления. Так, 2 сентября 1942 г. у груши на незасоленной почве энергия фотосинтеза была равна 15.42 мг CO_2 на 50 $см^2$ в течение 60 минут, а на засоленной почве всего лишь 2.47 мг, т. е. в 7 раз меньше. Шелковица и персик оказались более солестойкими, но и для них характерно было некоторое подавление фотосинтеза солями.

Ослабление процессов фотосинтеза показано также О. Ф. Туевой и П. Г. Марсаковой на хлопчатнике в условиях Центральной Ферганы (опытное поле в Федченко). Авторы проводили определение величины продуктивности работы (по сухому веществу) единицы поверхности листа хлопчатника на почвах различной степени засоленности (табл. 14)

Полученные цифры свидетельствуют об исключительно сильном уменьшении продуктивности работы единицы листовой поверхности. Поливы ослабляют степень уменьшения продуктивности работы листьев довольно заметно, однако возрастающая после полива степень засоления почвы обусловливает и возрастающую степень подавленности процесса накопления сухого веса на единицу поверхности.

Все это дает основание считать, что действительно под влиянием солей происходит разрушение хлорофилла в листе. А. В. Благовещенским это доказано прямыми определениями. В вегетационном опыте он получил следующие данные, иллюстрирующие уменьшение содержания хлорофилла в листьях картофеля:

Таблица 14

Продуктивность работы единицы листовой поверхности
(в г воздушно-сухого вещества на дцм²/сутки. Данные О. Ф. Туевой и П. Г. Марсаковой)

Дата полива	Время определения	Степень засоленности почвы		
		незасоленная	слабозасоленная	сильнозасоленная
1-й полив — 4 июня	В течение 6 дней до полива .	0.09	0.06	0.01
	В течение 6 дней после полива	0.09	0.07	0.02
3-й полив — 16 июля	В течение 6 дней до полива .	0.05	0.04	0.01
	В течение 6 дней после полива	0.13	0.13	0.06

	% сухого вещества
Незасоленная почва	3.21
+ 6 м.экв Cl	2.96
+ 12 м.экв Cl	2.36

Аналогичные цифры были получены А. В. Благовещенским и в полевых условиях. При среднем содержании в листьях контрольных растений хлорофилла 0. 006 мг на 1 см², растения, выросшие на искусственно засоленных почвах, имели 0.052 мг.

4. Влияние солей на азотный обмен растений

Известно, что растения из группы мезофитов, выросшие на засоленных почвах, характеризуются повышенным содержанием азота и белков. В свое время исследованиями Валуйской и Безенчукской опытных станций было доказано, что по мере роста концентрации солей и увеличения осмотического давления почвенного раствора количество белковых веществ в зерне возрастает. С этим, как известно, связывается высокое качество пшениц юга и юго-востока СССР, произрастающих на солонцеватых почвах.

Не все растения в одинаковой степени отзываются на засоленность почв повышением содержания белка и азота. Однако это явление можно рассматривать, повидимому, как проявление расстройства питания угнетенных солями растений. Особенно сильно меняется соотношение между белковыми и небелковыми веществами под воздействием избыточного содержания в почвах хлоридов. Влияние сульфатов в этом отношении проявляется слабее. А. В. Благовещенский рассматривает повышенную белковость зерна пшениц, выросших на солонцеватых почвах, так же как и вообще увеличение содержания белкового азота в растениях, выросших на засоленных почвах, как проявление недозрелости растений, обусловливающей недостаточное накопление крахмала. Механизм этого процесса, влекущего за собой повышение белковости

ткани и, в особенности, семян растения, в настоящий момент нельзя считать выясненным.

5. Влияние солей на развитие и структуру урожая растений (на примере хлопчатника)

Расстройство водного режима, процесса минерального питания, фотосинтеза и других важнейших жизненных функций растений под влиянием избыточного содержания в почвах легкорастворимых солей резко отзывается на всем развитии растения, начиная от всходов и до созревания, вызывая снижение урожая, либо полную его гибель.

В настоящее время, благодаря работам, проведенным Почвенным институтом Академии Наук СССР, СоюзНИХИ, Институтом физиологии растений им. Тимирязева и Институтом ботаники и почвоведения УзФАН, можно нарисовать довольно отчетливую картину развития хлопчатника и формирования его урожая на почвах различной степени засоленности. Пользуясь материалами этих исследований, рассмотрим проявление вредного влияния большого содержания легкорастворимых солей в почвах на развитие и урожай хлопчатника.

а) Всходы

Появление всходов на участках с засоленными почвами, как правило, сильно замедляется, а всхожесть семян обычно резко уменьшается. Это хорошо прослеживается по данным табл. 15, составленной по материалам Бурыгина.

Таблица 15

Влияние степени засоленности почв на динамику появления всходов хлопчатника
(сорт № 8517)

Степень засоленности участка в % Cl	Появление всходов в %					
	5 мая	10 мая	15 мая	20 мая	25 мая	30 мая
Опресненный участок, Cl около 0.007 . . .	16.4	100	100	100	100	100
Слабозасоленный, Cl около 0.014—0.019 . . .	81 3	100	100	100	100	100
Засоленный, Cl 0.18—0.21	31.4	41.2	46	50	50	50

Влияние солей на скорость прорастания семян хлопчатника можно видеть также из данных СоюзНИХИ (табл. 16).

Начиная с содержания Cl в почве в количестве 0.01%, энергия прорастания семян хлопчатника начнет испытывать некоторое замедление против контроля (на 5—10%).

Сильное отставание в энергии прорастания (на 40—50%) констатируется при содержании в почве Cl 0.02—0.04%. Однако вплоть до содержания Cl 0.08% семена хотя и с сильным запозданием, но все же прорастают в количестве до 65% (на 16-й день). Начиная же с содер-

Таблица 16

Энергия прорастания семян хлопчатника в июне на почве различного засоления в % к высеянному числу семян (10). Среднее из двух повторений. Посев 5 июня

Cl, в %	Плотный остаток, в %	Июнь							
		9	10	11	13	15	17	21	25
0.00	0.00	55	70	75	75	80	85	85	85
0.01	0.07	55	65	70	70	70	80	85	85
0.02	0.14	20	50	60	60	65	70	70	70
0.04	0.26	—	20	35	50	65	65	70	70
0.06	0.40	—	—	—	—	10	75	75	75
0.08	0.53	—	—	—	—	—	25	65	65
0.10	0.70	—	—	—	—	—	—	10	10
0.15	0.98	—	—	—	—	—	—	10	10
0.20	1.32	—	—	—	—	—	—	—	—

жания Cl 0.1%, энергия прорастания семян не только исключительно резко сокращается, но они перестают прорастать вообще.

Таким образом, констатируются два резко выраженных порога токсичности солей по хлоридам: первый — содержания Cl около 0.01%, после чего начинается сильное замедление энергии прорастания семян хлопчатника, и второй при содержании Cl 0.1%, выше которого семена хлопчатника практически не всходят (табл. 16).

Как в Фергане и Хорезме так и в Голодной Степи и в долине реки Вахш появление всходов хлопчатника на участках с засоленными почвами обычно запаздывает на 10—15 дней. Иногда же можно наблюдать появление всходов на засоленных почвах лишь после 1—2 поливов, когда благодаря поливам произошло опреснение пахотного горизонта.

В связи с тем, что значительная часть семян гибнет, всходы хлопчатника на засоленных участках оказываются сильно изреженными, и число растений в пересчете на гектар бывает в 1.5—3 раза меньше нормы. Так, по данным Туевой и Марсаковой, в условиях опытного поля Федченко в мае 1939 г. число растений на 1 га хлопчатника составляло:

На незасоленных почвах	77 000
На среднезасоленных почвах	66 800
На сильнозасоленных почвах	28 400

Раскапывая рядки с невзошедшими семенами хлопчатника, можно часто обнаружить наклюнувшиеся семена или проростки с сильноутолщенными, водянистыми, белесоватого цвета ломкими корешками. Часть же семян всегда оказывается совершенно погибшей, без каких-либо признаков прорастания. Картину состояния семян и проростков хлопчатника в этот период можно представить по рис. 1.

Полное отсутствие всходов хлопчатника наступает для условий Голодной Степи при содержании легкорастворимых солей в верхних

5 см почвы около 1—1.5%. В тех же случаях, когда сумма солей оказывается равной 0 5—1%, всходы хлопчатника появляются, но они носят сильно выраженные признаки угнетенности общая укорочен-

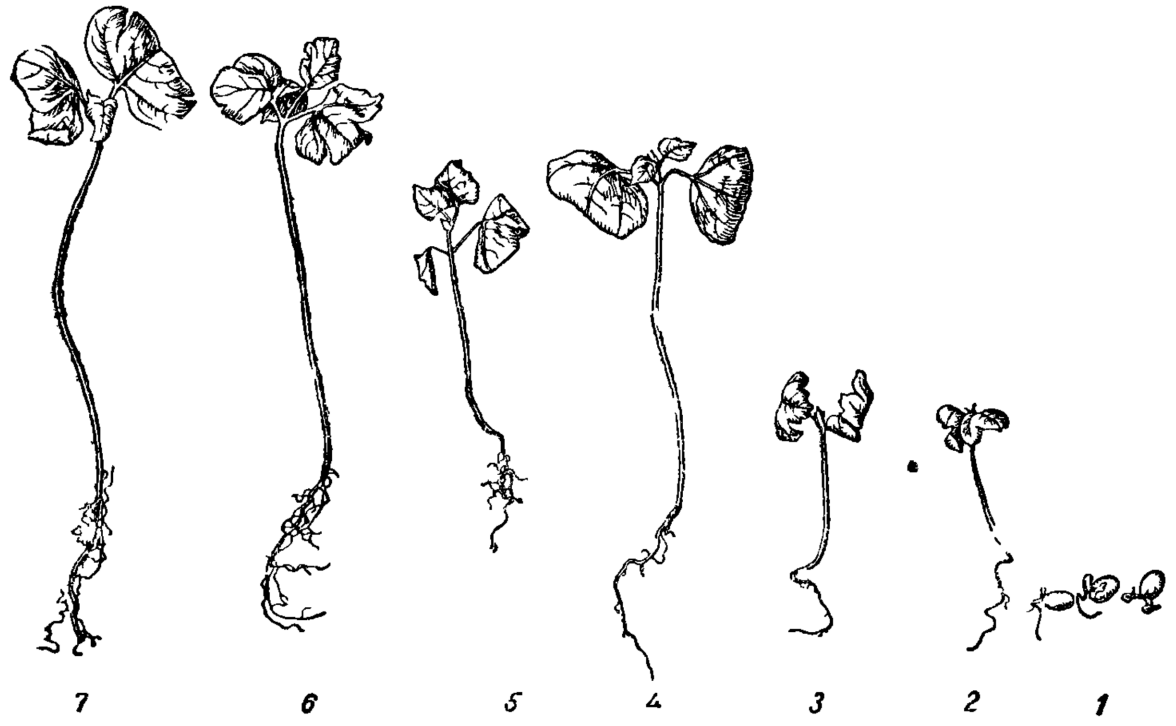


Рис. 1. Состояние всходов хлопчатника в зависимости от степени засоленности почв *1* семена погибли, при 1 0—1 5% солей *2—3*—всходы очень угнетены, при 0 8—1 0% солей *4*—5—всходы угнетены, при 0 5—0 8% солеи, *6 —7*— всходы нормальные, при 0 1—0 3% солей

ность проростка, утолщенность стебля и, особенно, корневой шейки, утолщенность и ломкость семядольных листьев.

Сходные цифры получены А. Н. Канюк на Муганской мелиоративной станции. Предельно высоким количеством солей, при котором для условий Мугани семена хлопчатника дают всходы, вскоре гибнущие, является величина 0 8—1.4% плотного остатка и в том числе 0.16—0 26 Cl, 0.17—0.57 SO_3. Средняя амплитуда предельно выносимого всходами хлопчатника количества солей в пахотном горизонте, по данным Канюк, выражается величиной 0.7—0.9% и в том числе Cl не выше 0 3% и SO_3 не выше 0.27%.

Признаки угнетенности всходов хлопчатника избыточным содержанием солей в почвах изучены А. В. Бурыгиным. Обычно всходы угнетенных солями экземпляров хлопчатника обладают сильно измененными семядольными листьями. Площадь семядольных листьев, как правило, меньше, а толщина их заметно больше, чем семядолей нормальных неугнетенных всходов хлопчатника. В табл. 17 приводятся материалы Бурыгина, иллюстрирующие это явление.

Утолщение проявляется, как отмечено выше, и на стеблях, где оно достигает 2.3—3.5 мм, превышая на 0.5—1 мм толщину стебля нормальных экземпляров. Отмеченные для хлопчатника признаки сукку-

Таблица 17

Влияние избыточного содержания солей на развитие семядольных листьев хлопчатника

Семядольные листья	Опресненная почва	Засоленная почва
Площадь в см²:		
сорт 8517	5.74	4.88
сорт С-15₂	5.29	4.88
Толщина в мм	3,56	4,13

лентности под воздействием избыточного содержания солей наблюдаются и у других сельскохозяйственных растений. Нам пришлось наблюдать это явление на свекле и на люцерне. При содержании в

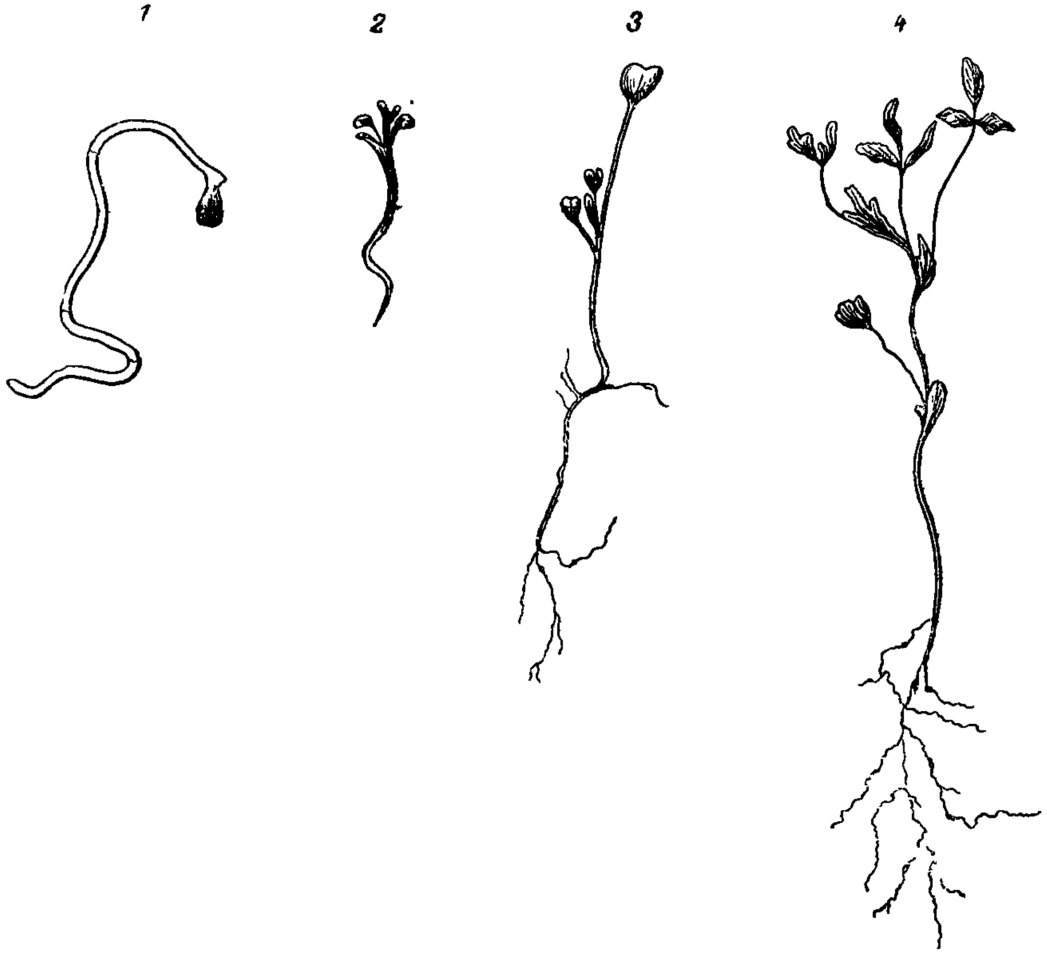


Рис. 2. Состояние всходов люцерны в зависимости от степени засоленности почв:

1 — всходы отсутствуют, при 0.7—1.5% солей. *2* — всходы сильно угнетены, при 0.4—0.7% солей. *3* — всходы угнетены, при 0,2—0.4% солей, *4* — всходы нормальные, при 0.1—0.2% солей.

почве солей 0.7—1.5% семена люцерны обычно не всходят. Раскапывая почву в таких случаях, можно обнаружить белые водянистые, ломкие проростки семян люцерны. Они в 2 раза толще нормальных проростков на незасоленных почвах. Достигая в длину 3—4 см, эти

проростки не развивают листочков и корневых отростков, а семядоли их представлены двумя утолщенными пластинками.

Утолщенность и водянистость корешка и стебля наблюдается в люцерне и при меньшем содержании солей — 0.4—0.7%.

Как можно видеть по рис. 2, избыточное содержание солей, вызывая суккулентность в проростках люцерны, весьма сильно задерживает их развитие. На стадии всходов на незасоленной почве растения люцерны уже в первые недели развивают 3—5 листиков, 7—10 развитых корневых отростка и 3—5 клубеньков.

Угнетенные всходы на засоленных почвах в этот период имеют всего лишь 2—3 листочка при полном отсутствии корневых отростков и клубеньков (рис. 2).

Таким образом, угнетенные солями растения на стадии всходов приобретают резко выраженные признаки суккулентности, что в свое время было подмечено акад. Б. А. Келлером (1940), В. А. Ковда (1938—1939) и позже другими исследователями как в Голодной Степи, так и в Фергане. Развитие признаков суккулентности свидетельствует о способности хлопчатника вести в известных границах успешную борьбу за существование, приспосабливаясь к засоленности почвы. Уменьшение площади листовой поверхности и уменьшение (как увидим ниже) размеров устьиц способствует более экономному водопотреблению хлопчатника, что характерно для угнетенных растений.

б) Период бутонизации — цветения

Отставание в развитии люцерны и хлопчатника на засоленных почвах сказывается и в последующем, обычно усиливаясь на более поздних фазах вегетации (рис. 3, 4 и 5). Угнетенные солями экземпляры хлопчатника отстают в общей высоте и образовании числа ветвей и генеративных органов. В табл. 18 приводятся данные А. В. Бурыгина, показывающие влияние засоления на задержку развития хлопчатника и его отдельных частей.

Таблица 18

Морфологическая характеристика хлопчатника сорта 36М$_2$ в зависимости от степени засоления

Степень засоления почв	Стебли		Ветви				Генеративные органы		
	высота, в см	диаметр на высоте 1/3, в мм	число узлов на главном стебле	число симподий	число моноподий	всего ветвей	число бутонов	число цветов	число завязей
Опресненная	89.2	110	19.8	13.5	5.3	18.8	35.5	2.3	3.3
Слабозасоленная	63.2	83	17.4	11.7	4.4	16.1	21.1	1.3	1.7
Среднезасоленная . . .	61.7	81	16.5	12.0	4.0	16.0	17.0	0.57	0.4

Угнетающее влияние солей проявляется не только в уменьшении числа плодовых мест (бутонов, цветов, завязей). Происходит также силь-

ная задержка наступления периода массовой бутонизации и массового цветения. Для района опытной станции Золотая Орда, по данным Бурыгина, на засоленных почвах массовая бутонизация и цветение наступают на 4—6 дней позже, чем на почвах незасоленных.



Рис. 3. Отставание хлопчатника в развитии под влиянием солей (после всходов).

О. Ф. Туева и П. Г. Марсакова в районе опытной станции в Федченко (в Центральной Фергане) установили также, что при задержке всходов хлопчатника на засоленных почвах на 3—5 дней замедление дальнейшего развития угнетенного хлопчатника нарастает еще больше. Особенно заметно это проявляется в замедлении скорости появления последовательных узлов, что вызывает смещение высоты в закладке первого симподия. Замедление в прохождении узлов достигает на средне- и сильнозасоленных почвах 10—14 дней. Это является фактором, определяющим задержку начала развития бутонов и цветения. Так, Туевой и Марсаковой установлены следующие сроки начала цветения хлопчатника при различных степенях засоленности почв:

На незасоленных почвах	8.VII
На среднезасоленных почвах	22.VII
На сильнозасоленных почвах	8.VIII

Массовое же цветение хлопчатника на среднезасоленных почвах в Центральной Фергане запаздывает против нормальных растений на 6—9 дней, а сильноугнетенного хлопчатника на сильнозасоленных почвах — на 25—30 дней.

Отмеченные для всходов признаки суккулентности в угнетенных солями растениях в дальнейшем в той или иной степени сохраняются. Если почвы оказываются сравнительно малозасоленными и корневая система растений, проникнув в глубокие горизонты, встречает слабозасоленные почвенные растворы, то признаки угнетенности и суккулентности исчезают практически полностью, хотя некоторое отставание в росте, числе ветвей и количестве плодовых мест все же наблюдается. На тех же частях хлопковых полей, где степень засоления почв в течение вегетационного периода нарастает, развиваются угнетенные и даже карликовые экземпляры хлопчатника, отличающиеся ничтожной высотой — 10—15 см и лишь единичными бутонами и цветами.



Рис. 4. Отставание хлопчатника в развитии под влиянием засоления (в фазе бутонизации).

Сильноугнетенные экземпляры взрослых растений, носят те же признаки суккулентности, которые характерны и для угнетенных всходов. Так, средняя толщина основных листьев хлопчатника под влиянием засоленности почв возрастает, а площадь листьев уменьшается. Повышение толщины листьев угнетенных экземпляров хлопчатника сопровождается и бо́льшим содержанием в них воды (табл. 19).

Высокая засоленность почв, как подмечено уже давно практиками орошаемого земледелия, вызывает сильное опадание бутонов и завязей у хлопчатника, чем в еще большей степени усиливается понижение урожая на засоленных почвах.

В. А. Новиков исследовал специально этот вопрос. В вегетационных опытах, результаты которых приведены в табл. 20, было показано, что число образовавшихся бутонов и коробочек при высоких степенях

Таблица 19

Изменение толщины листьев и содержания воды в них под влиянием избыточного засоления

Признак	Незасоленная почва	Засоленная почва
Средняя толщина листьев, в мм	0.452	0.530
Содержание воды в листьях, в %:		
сорт 8517	74.56	78.20
сорт 1306	77.06	77.07

засоления в 4—6 раз меньше, чем на нормальных, неугнетенных растениях. Количество же опавших бутонов и коробочек на растениях, угнетенных солями, в 5—10 раз превышает опадание у контрольных

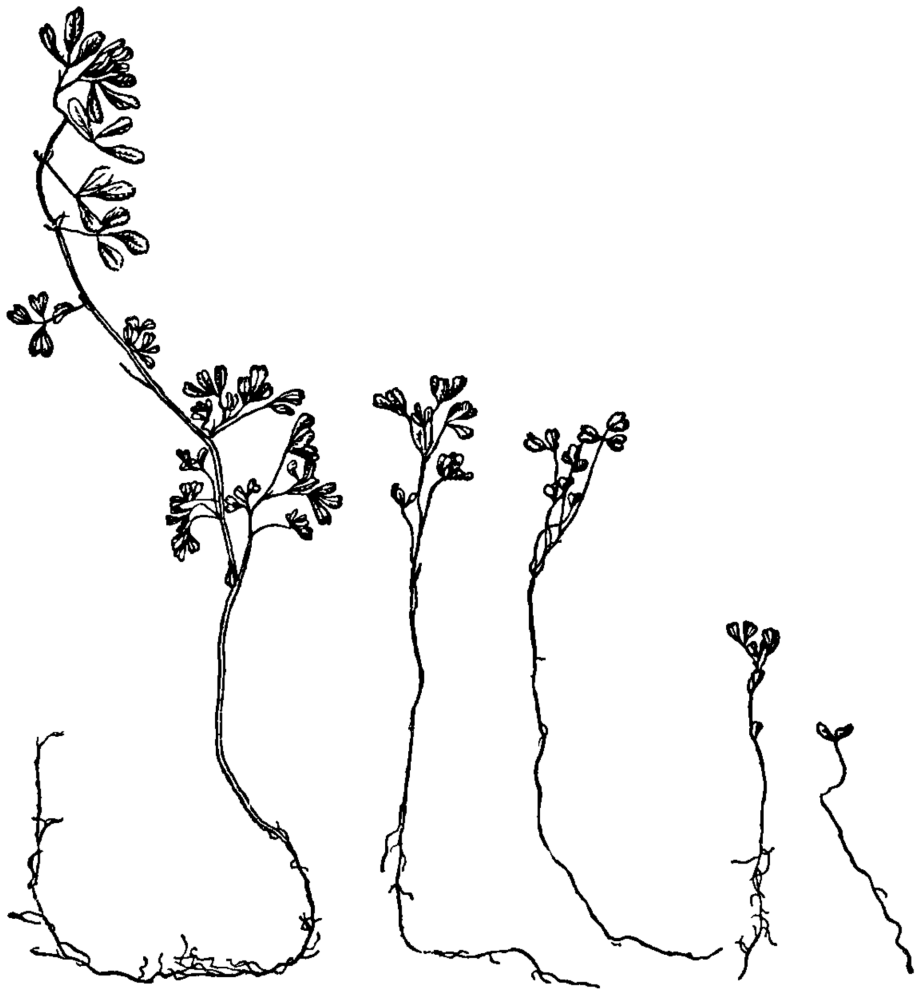


Рис. 5. Отставание в развитии люцерны под влиянием засоления (на стадии цветения).

растений. Выше некоторых степеней засоления все бутоны и коробочки полностью опадают. Не исключено, что опадание бутонов и завязей связано с тем, что в них накапливается высокое содержание солей и растение в борьбе за существование, приспособляясь к избыточному

засолению почвы, сбрасывает бутоны и коробочки, освобождаясь от некоторого количества солей. Во всяком случае, по данным В. А. Новикова видно, что в бутонах и коробочках содержание Cl достигает 1.3—2.4% от сухого вещества при концентрации Cl в растворе 1—1.5 *n*.

Таблица 20

Влияние степени засоления на образование и опадание бутонов и коробочек у хлопчатника

Фазы вегетации	Степень засоления в *n* NaCl					
	0 0	0 1	0.3	0.5	1.0	1.5
Общее количество плодовых мест, образовавшихся ко времени уборки, на 1 растение	28	19	6	7	6	5
Из них коробочек	19	14.5	4	5	4	2
Число опавших бутонов и коробочек:						
а) на 1 растение	3	5	4	6	6	5
б) в % от всего количества	10.7	26.3	66.6	85.7	100	100

в) Созревание и конец вегетации хлопчатника

С момента разгара цветения динамика развития угнетенных экземпляров хлопчатника начинает резко отличаться от динамики развития нормальных растений. Конец цветения и в дальнейшем ход созревания коробочек угнетенных солями растений протекает значительно быстрее, чем у нормальных растений. В условиях Ферганы, по данным Туевой и Марсаковой, ускорение в прохождении репродуктивного цикла растений на засоленных почвах от цветения до начала созревания достигает 3—10 дней. Все это приводит к тому, что созревание и начало раскрытия коробочек как у нормальных растений, так и у растений угнетенных происходит почти одновременно.

По наблюдениям же В. А. Ковда и Л. Я. Мамаевой в Голодной Степи (совхоз Пахта-Арал) у угнетенных карликовых экземпляров хлопчатника коробочки раскрываются на 10—15 дней раньше, чем у нормально развивающихся растений. Если период вегетации нормально развивающегося хлопчатника, начиная от появления бутонов и до созревания, равен 3 месяцам, то период вегетации угнетенного хлопчатника на сильнозасоленных почвах от появления первых бутонов и до раскрытия коробочек равен всего лишь 1.5 месяцам. Поэтому обычно первые сборы хлопка-сырца в Голодной Степи происходят преимущественно на солончаковых пятнах с преждевременно раскрывшихся коробочек угнетенного солями хлопчатника.

Судя по тому, что размеры коробочек, их вес и количество хлопка-сырца в них обычно оказывается значительно меньше, чем у нормальных растений, а волокно имеет пониженную зрелость (см. об этом ниже), это ускоренное созревание коробочек на солончаковых пятнах

является ненормальным и представляет собой, по существу, подсушивание и преждевременное раскрытие недозрелых плодовых образований под влиянием физиологической сухости почв и ненормального минерального, водного и воздушного питания растений.



Рис. 6. Состояние нормального и угнетенного солями хлопчатника в период созревания.

Чтобы представить себе конечный результат угнетающего влияния высокого содержания солей в почвах, обратимся к данным табл. 21.

Из этих данных можно видеть, что расстройство всех жизненных функций хлопчатника под влиянием токсического воздействия солей приводит к тому, что при крайних степенях засоления почв в конце вегетации растения оказываются в 4—7 раз меньше нормального по высоте и имеют всего лишь 2—3 коробочки, т. е. в 10—20 раз меньше нормального (рис. 6).

Соответственно резко падает урожай хлопчатника как в пересчете на один куст, так и с единицы поверхности. По данным Л. Я. Мамаевой, полученным в условиях совхоза Пахта-Арал, урожай хлопка-сырца с угнетенных растений в расчете на один куст в 20—50 раз меньше, чем с нормального хлопчатника, что обязано уменьшению количества коробочек, их размера и веса (табл. 22).

Сходные результаты получены О. Ф. Туевой и П. Г. Марсаковой на опытной станции в Федченко. Здесь урожай хлопка-сырца с участков сильнозасоленных почв был в 6 раз меньше урожая с незасоленных почв (табл. 23).

При этом в условиях Ферганы в год наблюдений Туевой и Марсаковой (1939) на солончаковых участках хлопковых полей преждевременное раскрытие коробочек не отмечалось. Наоборот, практически весь урожай с этих территорий на наблюдаемом поле перешел на послеморозный сбор (курак).

Таблица 21

Влияние солей на развитие и плодоношение хлопчатника в условиях совхоза Пахта-Арал

Состояние хлопчатника	Бутонизация 18—27 июня	Цветение 1—20 июня		Созревание 15—30 сентября	
	число бутонов	число бутонов	число коробочек	высота растений, в см	число коробочек
Хлопчатник нормальный	22—40	35—40	10—7	130—150	34—45
Хлопчатник среднеугнетенный .	1—2	15—13	6—4	70—90	15—18
Хлопчатник сильноугнетенный .	1—2	5—8	5—3	20—40	2—3

Таблица 22

Вес воздушносухой массы куста, количество и вес коробочек и хлопка-сырца на 1 куст хлопчатника различного состояния

Состояние хлопчатника	Общий вес 1 куста в г	Урожай хлопка-сырца, в г	Количество коробочек	Вес хлопка-сырца 1-й коробочки, в г	Вес семян 1-й коробочки в г	Вес всей коробочки, в г	Окружность коробочки, в см
Хлопчатник нормальный . . .	530 - 585	305—340	40—45	7.6	4.5	10	12
Хлопчатник сильноугнетенный	17—27	6.8—13.6	2—4	3.4	1.9	4.5	10

Таблица 23

Урожай хлопка-сырца на сильнозасоленных почвах опытной станции Федченко (в ц/га)

Степень засоленности почв	1-й сбор 23.IX	2-й сбор 8.X	3-й сбор 29.X	Всего
Почва незасоленная	7.45	9.61	14.3	31.4
Почва среднезасоленная	3.68	3.44	7.8	14.9
Почва сильнозасоленная	0	0	5.45	5.45

О губительном влиянии избыточного содержания легкорастворимых солей на урожай хлопчатника можно судить по данным закавказских исследователей (Закавказский институт водного хозяйства). Так, если принять урожайность хлопчатника на незасоленных почвах за 100, то средняя урожайность на засоленных почвах выражается величиной 64—70%, а на сильнозасоленных почвах 40—47%. Таким образом, потери в сборе урожая хлопчатника на засоленных почвах достигают 60%. Амплитуда урожая американского хлопчатника достигает при этом:

На незасоленных почвах . . . . . 16.4—9.3 ц/га
На засоленных почвах . . . . . 7.9—5.1 »
На сильнозасоленных почвах . . . . . 5.8—3.0 »

Египетский хлопчатник в условиях Кура-Араксинской низменности оказывается менее солеустойчивым, и амплитуда его урожаев в зависимости от степени засоленности почв рисуется следующими данными:

На незасоленных почвах	12.6—7 ц/га
На засоленных почвах	6.3—4.3 »
На сильнозасоленных почвах	4.6—3.5 »

Зависимость снижения урожая от количества солей в почвах Муганской степи может быть иллюстрирована следующими данными В. Р. Волобуева и Н. А. Беседнова (табл. 24).

Таблица 24

Зависимость урожая хлопчатника от засоленности почв на Мугани

Плотный остаток, в %	Средний урожай, в ц/га	Относительный урожай, в %
0.0—0.2	18.5	100
0.2—0.5	15.0	81
0.5—0.8	8.5	46
Больше 0.8	3.5	19

Как следует из этих данных, наиболее сильное падение урожая отмечается, начиная с содержания солей 0.5%. До этой величины, по многим наблюдениям в Муганской степи, констатируется иногда положительное влияние солей, способствующее некоторому повышению урожая.

Аналогичные данные получены В. В. Спенглер по Туркмении в колхозе «Искра» Марыйского района. По этим данным оказывается, что недобор продукции на среднезасоленных почвах составляет 37%, а на сильнозасоленных 65%.

В Шаульдерском районе Южного Казахстана В. А. Малаховым установлено, что на слабозасоленных почвах урожай хлопчатника составляет 24—25 ц/га. На почвах сильнозасоленных урожай хлопчатника падает в 2 раза и выражается цифрами 12.5—13.0 ц/га.

г) Изменение анатомического строения хлопчатника под влиянием засоления

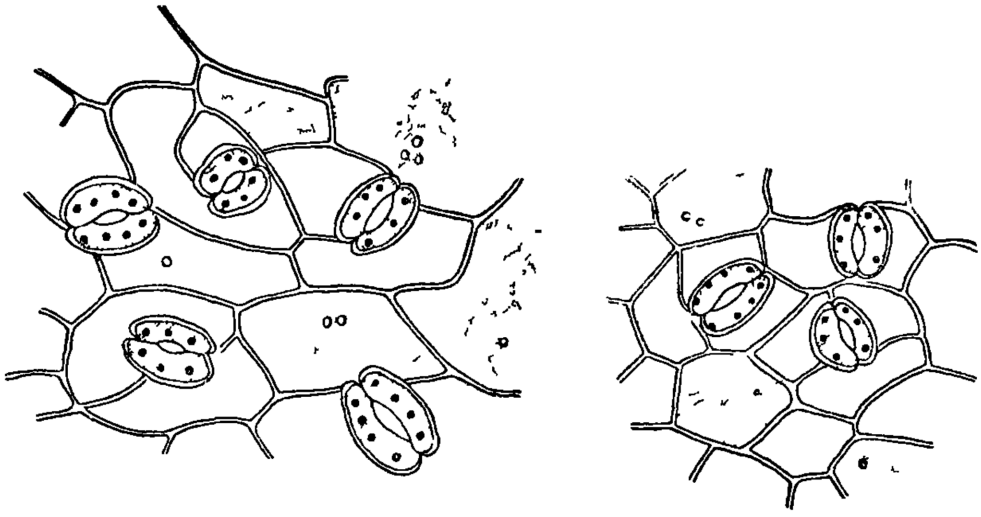
Известно, что под влиянием избыточного содержания солей в почвах происходит ряд существенных изменений в анатомической структуре растений. Так, еще работами Гартера и Безенчукской станции установлено, что злаки, выросшие на засоленных почвах, приобретают на поверхности листьев восковой налет и заметно увеличивают толщину кутикулы. При этом размеры клеток эпидермы уменьшаются. Число устьиц на единицу поверхности увеличивается тем в большей степени, чем больше засолен почвенный раствор, чем выше его осмотическое

давление и чем больше угнетены растения Однако площадь устьиц при этом уменьшается вследствие уменьшения длины и ширины их

Уменьшение размеров клеток и увеличение числа их в поле зрения было подмечено исследованиями Бровцыной на листьях хлопчатника, угнетенного большим содержанием солей

Изменение анатомической структуры хлопчатника на засоленных почвах детально исследовала З. М. Пащенко. Результаты этих исследований, любезно предоставленные З. М Пащенко в распоряжение автора, мы и рассмотрим несколько подробнее.

Сопоставляя анатомические особенности хлопчатника на почвах различной засоленности, З. М. Пащенко установила, что листья хлопчатника, угнетенного солями, сильно утолщены за счет увеличения эпидермиса и толщины слоя палисадной паренхимы, хотя количество слоев



а *б*

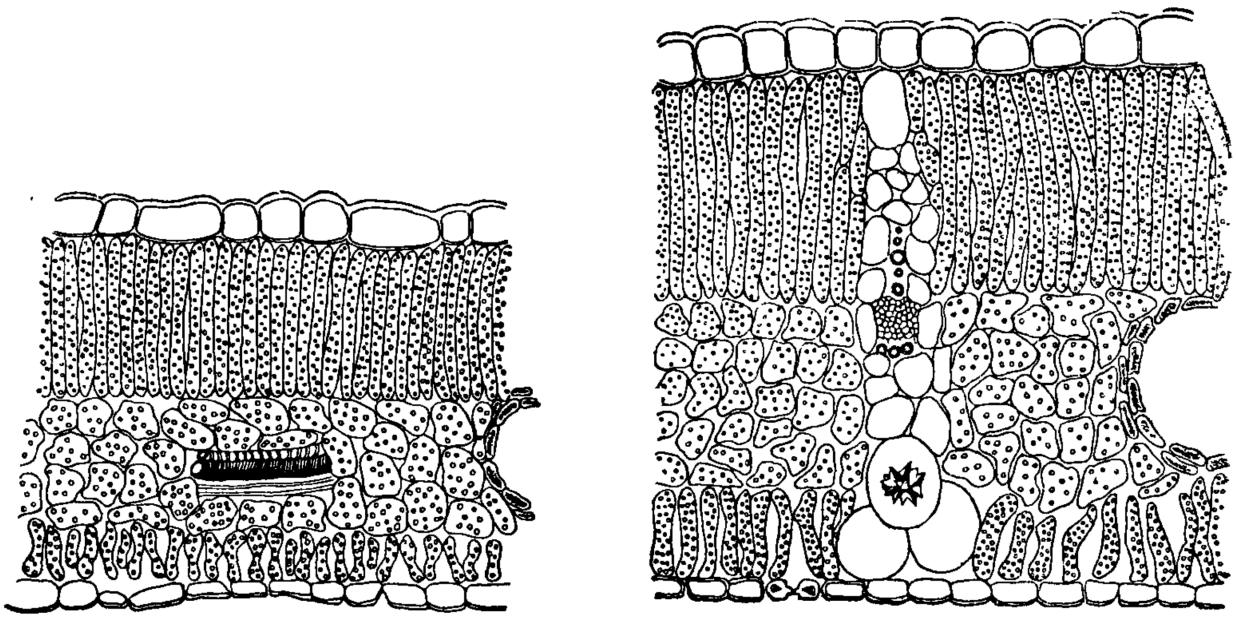
Рис 7. Изменения в числе и размерах устьиц на листе хлопчатника под влиянием засоления (рисунок З. М. Пащенко)

а — нижний эпидермис G arboreum, контроль, *б* — нижний эпидермис G arboreum, засоленная почва (Увелич 7 × 40)

остается неизменным и равно 1. Суммарное увеличение толщины листа по сравнению с контролем на сильнозасоленной почве достигает 45 микрон. Длина устьиц на обеих сторонах листа хлопчатника по мере увеличения засоленности почвы, закономерно уменьшается уменьшение достигает 2—3 микрон. Число устьиц на единицу площади возрастает на величину до 25—30 на 1 мм^2 (рис 7 и 8)

Сильные изменения происходят в величине просветов сосудов листа. Как крупные, так и мелкие сосуды уменьшаются в диаметре по мере увеличения степени засоленности По сравнению с контролем уменьшение просветов в листьях сильноугнетенных растений хлопчатника может достигать 7—10 микрон. Подробнее об анатомических изменениях в листьях хлопчатника, вызываемых повышенной засоленностью почвы, можно судить по данным табл. 25 и последующих рисунков, выполненных З. М. Пащенко (рис. 8а, 8б)

Сходные изменения вызывает избыточное содержание солей в почвах и в анатомической структуре стебля. Уже внешние признаки свидетельствуют об общем «измельчении» растения хлопчатника под влиянием избыточного содержания солей.



а *б*

Рис. 8. Изменения в анатомическом строении листа хлопчатника под влиянием засоления (З. М. Пащенко):

а — лист G. barbadense, контроль; *б* — лист G. barbadense, засоленная почва. (Увелич. 15×10).

Таблица 25

Изменения анатомической структуры листа хлопчатника под влиянием солей

Степень засоления	Толщина листа, в микронах	Толщина эпидермиса, в микронах	Степень развития палисадной паренхимы, в микронах		Длина устьиц, в микронах		Количество устьиц на 1 мм²		Количество клеток эпидермиса		Величина просветов сосудов, в микронах	
			толщина слоя	ширина клеток	верхняя сторона	нижняя сторона	верхняя сторона	нижняя сторона	верхняя сторона	нижняя сторона	кр. пные	мелкие
Контроль . . .	450.1	29.2	195.6	17.4	33.99	34.32	102.6	184.07	678.54	76.53	35.6	17.16
Среднезасолен,	548.7	36.3	229.6	16.33	33.36	33.42	104.28	186.44	660.13	744.29	29.96	19.33
Сильнозасолен.	495.3	33.2	203.6	14.85	31.71	32.2	127.2	225.23	829.77	915.24	25.4	10.43

Все угнетенные солями растения хлопчатника имеют гораздо более короткие междоузлия и значительно меньший диаметр стебля, чем нормальные, неугнетенные растения. Изменение размеров стебля обязано резко выраженному изменению его анатомической структуры.

Как показывают данные табл. 26 и рис. 8, 9 и 10, под влиянием засоления резко уменьшается величина просветов сосудов у листа, стеб-

лей и корня растений (на 37—43 микрона). Одновременно сильно возрастает количество сосудов на единицу площади. Так, по этим же данным, засоление почвы и угнетение хлопчатника вызывает увеличение числа сосудов в поле зрения на 15—40 против контроля.

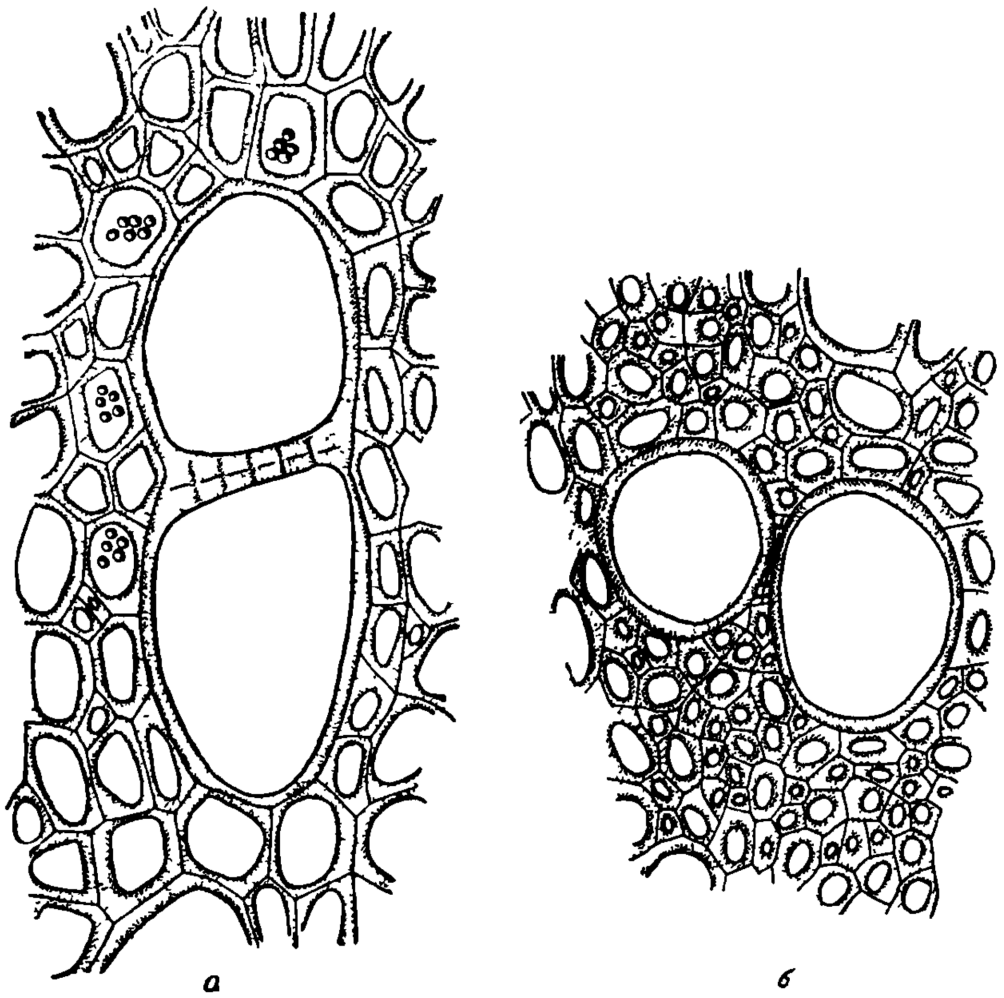


Рис. 9. Изменения в анатомическом строении стебля хлопчатника под влиянием засоления (З. М. Пащенко):

а — стебель G. barbadense, контроль; *б* — стебель G. barbadense, засоленная почва. (Увелич. 7×40).

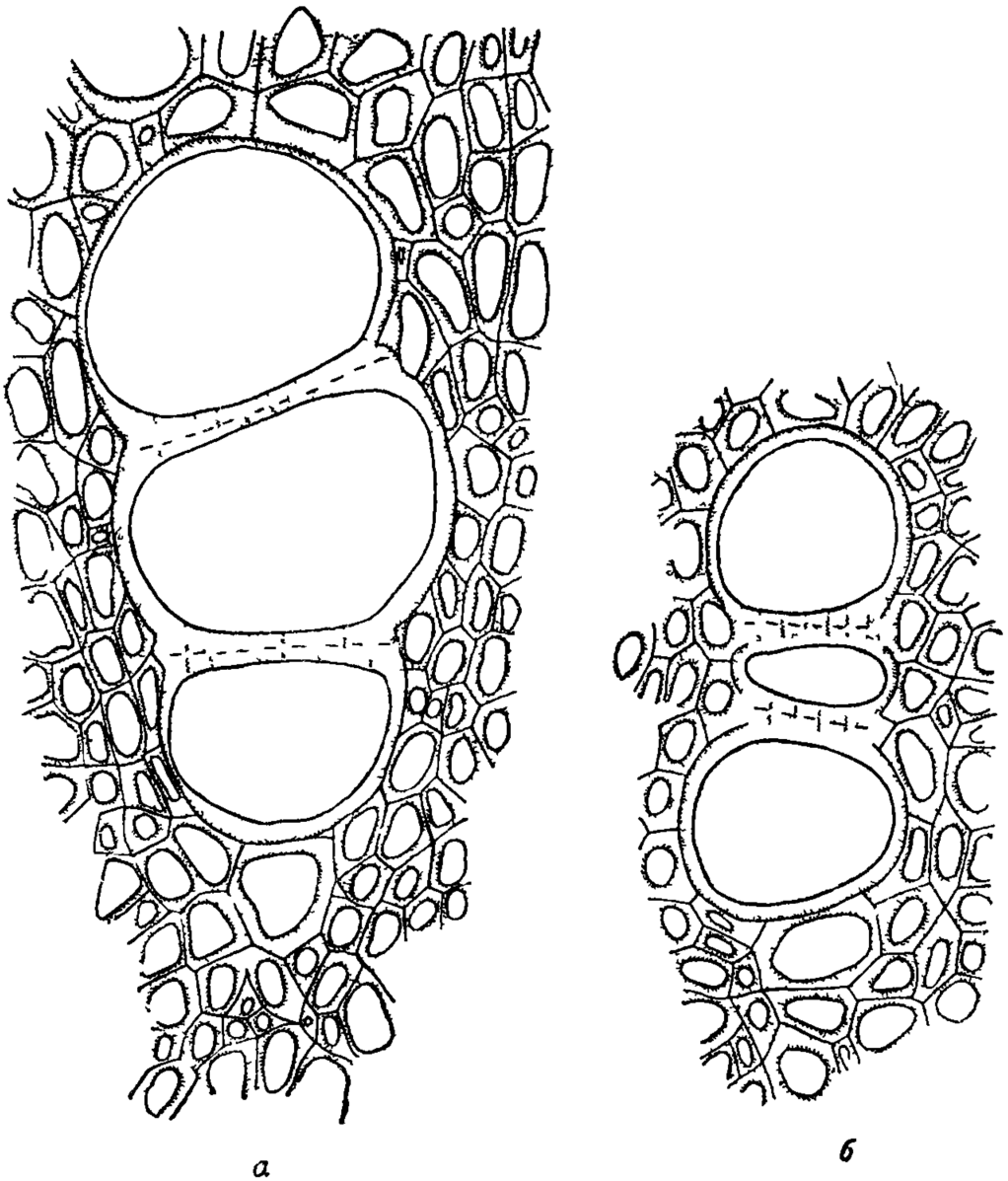
Эти изменения, кроме того, сопровождаются увеличением развития механической ткани, толщины стенок перециклических волокон. Для некоторых видов, в частности для вида G. barbadense, констатируется большое накопление зерен крахмала в тканях стебля нормальных растений и отсутствие крахмала в растениях, угнетенных солями. Особенно большое накопление крахмала в нормальных растениях констатируется в древесине, в лубе; иногда даже образуется под пробкой обособленный крахмалоносный слой. У угнетенных растений хлопчатника этого вида все это не выражено. У других видов разница в накоплении крахмала выражена слабее.

Столь же резкие изменения вызывает избыточное содержание солей и в анатомическом строении корня. Срезы, полученные З. М. Пащенко с корневой шейки хлопчатника различного вида, показывают, что вели-

Таблица 26

Влияние избыточного содержания солей на анатомическую структуру стебля хлопчатника

Вид хлопчатника	Величина просветов сосудов, в микронах		Разность в микронах	Количество сосудов на площадь 1 мм²		Разность, в микронах
	контроль	засолени		контроль	засолени	
G. arboreum	69.9	63.97	5.93	40.7	71.6	20.9
G. barbadense	104.4	62.53	41.87	34.19	72.84	—
G. herbaceum	111.62	74.65	36.97	31.7	65.9	34.2
G hirsutum	108.59	65.70	42.89	26.8	42.4	15.6



а *б*

Рис. 10. Изменения в анатомическом строении корня хлопчатника под влиянием засоления (З. М. Пащенко):

а — корень G hirsutum, контроль *б* — корень G hirsutum, засоленная почва (Увелич. 7×40)

чина просветов сосудов и здесь резко уменьшается (на 10—20 микрон), а количество их на единицу поверхности соответственно возрастает (табл. 27, рис. 10).

Таблица 27

Влияние избыточного содержания солей на анатомическую структуру корня хлопчатника

Вид хлопчатника	Величина просветов сосудов, в микронах		Количество сосудов на 1 мм²	
	контроль	засолени	контроль	засолени
G. arboreum	94.15	76.39	46.66	61.45
G. barbadense	72.63	63.54	40.04	47.12
G. herbaceum . . .	101.03	80.86	48.05	53.90
G. hirsutum	102.24	84.62	18.06	42.20

Установленные З. М. Пащенко изменения анатомической структуры растений хлопчатника под влиянием засоления свидетельствуют об их сильной реакции на содержание солей и о способности, в известных пределах, растения к адаптации.

Рассматривая увеличение толщины листа и одновременно уменьшение величины просветов сосудов при увеличении их числа на единицу площади как признаки, способствующие более экономному водному режиму растений, З. М. Пащенко считает наиболее реагирующими в сторону адаптации видами G. hirsutum, G. barbadense и G. herbaceum; G. arboreum рассматривается З. М. Пащенко как наименее пластичный, на котором угнетающее влияние засоления сказывается наиболее сильно.

д) Влияние солей на качество волокна хлопчатника

Расстройство нормального питания и развития хлопчатника приводит не только к уменьшению количества урожая, но в значительной степени отзывается на технологических свойствах волокна.

Этот вопрос исследовался Золотоордынской опытной станцией (В. Е. Кабаев, 1933—1935), Почвенным институтом Академии Наук СССР (В. А. Ковда и Л. Я. Мамаева, 1937—1939), Почвенно-мелиоративной станцией Академии Наук СССР на Вахше, Муганской опытно-мелиоративной станцией. Установлено, что качество волокна хлопчатника ухудшается под влиянием повышенной засоленности почв, причем степень понижения качества тем больше, чем выше степень засоленности почв и чем более угнетено растение. Так, по данным В. Е. Кабаева (табл. 28) можно видеть, что на сильнозасоленных почвах длина волокна сокращается на 3—4 мм, крепость уменьшается на 0.3—0.8 г, ухудшается тонина и падает разрывное напряжение.

Исследования В. А. Ковда и Л. Я. Мамаевой показали, что волокно угнетенного хлопчатника имеет коэффициент зрелости 2.27—2.28, в то время как волокно нормального хлопчатника 1.99—2.06. Показатель крепости у волокна угнетенного хлопчатника был на 0.5 г меньше, чем у волокна нормального хлопчатника. Средняя наибольшая длина волок-

Таблица 28

Количество и качество урожая хлопка-сырца в зависимости от содержания солей в почве дренажного участка в Золотой Орде

По наблюдениям 1934 г. на соленом пятне (данные В. Е. Кабаева)

Скважина и точка наблюдения	Степень засоления почвы по анализу на 3.VII. 1934 г. (по водн. вытяж. в % на воздушносухую почву)						Урожайность		Высота стебля, в см		Качество хлопка-сырца с хлопчатника разной степени угнетения							
	Глуб. почвы, в см	Плотный остаток	Cl	SO_3	HCO_3 общая	Сравнительные данные	Хлопка-сырца, в ц/га	Сравнительные данные, в %	На 3.VII	На 15.X	Где собран хлопок-сырец	Mod. L_m	Коммерч L_c	База S	Номер метрический	Крепость, в г	Площадь поперечного сечения	Разрывное напряжение, кг/мм²
I	0—5	2.066	0.169	0.824	0.031+	1.428=	0.9	0.6	8—10	20 - 30	Центр соленого пятна, точка наблюдения 1. Хлопчатник очень сильно угнетен	28.0	30 5	44.53	6 546	3.42	102	33 5
Среднее	10—30	1.216	0.128	0.392	0 028+	=100%												
из 3	0—50	1.4-8	1.186	0.530	0.025													
II	0—5	1.952	0.115	0.862	0.032+													
Среднее	10—30	0.932	0.040	0.431	0.0-9+	1.161=	3.7	24.1	13—18	30—40	Точка наблюдения II, на склоне пятна. Хлопчатник угнетенный	28.8	31.3	43.43	6 400	3.40	104	32.7
из 3	0—50	1.161	0.071	0.519	0.0-7	=81.5%												
III	0—5	1.496	0.0-3	0.667	0.030													
Среднее	10—30	0.656	0.0-3	0.294	0.034	0.774=	8.6	55.8	25—30	40—50	Точка наблюдения III, периферия пятна. Хлопчатник менее угнетенный	30.5	33.0	41.6	6 450	3.79	103	36.8
из 3	0—50	0.774	0.0-9	0.375	0.032	=54.2%												
IV	0 5	0.548	0.005	0.215	0.031					от 70 и больше								
Среднее	10—30	0.152	0.004	0.058	0.040+	0.547=	15.4	100%	50—55		Слабозасоленная периферия (все точки по длине размещ. в 60 м). Хлопчатник средний	31.9	34.8	41.[illegible]	5 647	4.27	118	36.2
из 3	0—50	0.547	0.005	0.217	0.034	=38.2%												

Примечание: Знак + обозначает: встречены нормальные карбонаты в вытяжке почвы.

Таблица 29

Технологическое качество волокна хлопчатника, выросшего на почвах различной засоленности

Состояние хлопчатника	Зрелость		Крепость		Длина				% пуха	% сырца	Пороки	
	коэффициент зрелости	% недозрелых	действительная, в г	метрич. номер	в мм	коммерческ., в мм	база	равномерность			% улюка	% угара
Нормально развивавшийся	2.05	71.6	4.16	5 390	28.6	31.8	42.8	1 280	4.82	99.80	0.14	0.06
Нормально развивавшийся	1.99	71.4	4.42	5 170	28.0	31.0	44.4	1 242	4.78	99.74	0.22	0.04
Нормально развивавшийся в период всходов и начавший отставать в росте при бутонизации	2.05	77.0	4.3?	5 950	29.1	32.3	41.4	1 210	4.50	99.69	0.30	0.01
Угнетенный в период всходов и исправившийся при бутонизации	2.06	74.8	4.32	5 180	28.4	31.8	36.6	1 028	6.00	99.66	0.32	0.02
Более угнетенный при всходах	2.00	72.0	3.84	5 445	27.3	30.2	43.5	1 185	5.86	99.70	0.30	нет
Сильноугнетенный	2.27	80.7	3.97	5 300	25.5	28.9	39.8	1 015	6.60	99.59	0.25	0.16
Сильноугнетенный	2.01	73.2	3.87	5 310	25 5	28.6	42.2	1 075	6.30	99.43	0.52	нет
Сильноугнетенный	2.28	82.2	4.22	5 245	26.8	29 7	44.6	1 193	5.90	99.66	0.34	нет

на с угнетенных растений была равна 25.5—29.7 мм, в то время как волокно нормальных растений имело соответственно 28—32.3 мм.

Такую же картину ухудшения качества волокна с угнетенных растений хлопчатника обнаруживают и другие показатели: волокно угнетенного хлопчатника имеет до 5.8—6.6% пуха и 0.2—0.5% улюка; волокно же нормального хлопчатника соответственно содержит пуха лишь 4.5—4.8% и улюка 0.14—0.22% (табл. 29).

Таким образом, отрицательное влияние избыточного содержания легкорастворимых солей в почвах сказывается не только на урожае, но и на качестве волокна, резко снижая последнее.

Глава II

ВОЗМОЖНЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ

Приведенный выше анализ механизма токсического воздействия солей на водный режим, минеральное питание, фотосинтез и другие важнейшие жизненные функции растений подсказывает возможные направления и методы повышения солеустойчивости растений на засоленных почвах.

К настоящему времени можно назвать следующие основные способы повышения солеустойчивости растений, в той или иной степени обоснованные теоретически и проверенные в опытной обстановке:

1. Повышение всхожести семян и энергии их прорастания.
2. Предпосевная замочка и яровизация семян растений в питательных и солевых растворах.
3. Улучшение минерального питания вегетирующих растений.

Рассмотрим в отдельности каждый из этих способов.

1. Повышение всхожести семян и энергии их прорастания

Понижение всхожести семян на засоленных почвах и сильное замедление энергии их прорастания играет отрицательную роль не только само по себе, но и потому, что с каждым пропущенным днем вегетационного периода пахотный горизонт засоленных почв накапливает все больше и больше легкорастворимых солей, что в нарастающей степени затрудняет возможность развития невзошедших семян.

Поэтому для получения урожая на засоленных почвах исключительное значение приобретает массовость, дружность и высокая энергия появления всходов. Соответственно все агромероприятия, способствующие улучшению качества посевного материала, а также благоприятствующие быстрому развитию проростков и появлению всходов растений, будут способствовать и повышению солестойкости растений. Причина заключается в том, что при дружных и более ранних всходах наиболее ранние фазы развития растений, когда их солестойкость является наименьшей, будут проходить при минимальном засолении почв, используя сезонную (зимне-весеннюю) рассоленность их.

а) Отбор лучших семян

Так как некоторые недостатки, свойственные плохому семенному материалу, например неполноценность и щуплость зерна, будут особенно сильно отзываться на качестве всходов растений на засоленных почвах, то первым и обязательным условием повышения солеустойчивости сельскохозяйственных растений будет отбор лучшего семенного материала. Этот отбор необходимо проводить по тем общим инструкциям и правилам, которые известны в семенном деле.

б) Увеличение норм высева

Даже улучшенный отбором семенной материал на засоленных почвах обнаруживает пониженную всхожесть. Поэтому для того, чтобы создать на поле необходимую для получения высокого урожая густоту растений, следует норму высева семян на засоленных почвах обязательно повышать, по крайней мере на 25—30% против обычной. Загущение посевов необходимо также и для борьбы проростков растений с коркой, которая образуется обычно на засоленных почвах в значительно более выраженной степени, чем на почвах незасоленных. Единичные проростки разрозненных семян на засоленных почвах оказываются часто не в состоянии пробить корку. При загущении же посевов несколько одновременно развившихся рядом проростков будут в состоянии приподнять своим давлением поверхностную корку, разрушить ее и выйти на дневную поверхность.

Повышение норм высева семян хлопчатника в 1.5 раза практикуется на засоленных почвах передовыми хлопководами Ферганы и Бухары.

в) Замочка семян

Одной из главнейших причин задержки всходов на засоленных почвах является неполное набухание семян при большом засолении почв и задержка в накоплении ими необходимого для всходов количества воды. Поэтому все приемы предварительной подготовки семян к посеву путем их замочки в воде до состояния полного набухания, путем «пробуждения» и т. д. будут способствовать на засоленных почвах более дружному, энергичному прорастанию и более раннему появлению всходов на дневную поверхность, что предопределит и более раннее начало вегетации. Для хлопчатника этот прием общеобязателен вообще при всех условиях.

По данным Л. И. Голодковского, посев сахарной свеклы предварительно «пробужденными» семенами дает ускорение среднего срока прорастания семян по сравнению с сухими на 2—3 дня, а иногда и более. При резко выраженных в Средней Азии процессах сезонного засоления почв срок в 2—3 дня может иметь решающее значение в успешности и дружности всходов.

г) Яровизация семян

Предпосевная яровизация семян также является важным приемом повышения солеустойчивости сельскохозяйственных растений. Яровизированные семена проходят до посева в благоприятной обстановке те фазы развития, которые в толще засоленной почвы протекают очень длительное время, причем в результате появляются недружные, поздние всходы, угнетаемые нарастающим засолением. Поэтому яровизацию семян по методу Т. Д. Лысенко необходимо рекомендовать как дешевый универсальный прием повышения энергии и дружности всходов на засоленных почвах.

Положительное влияние допосевного проращивания и яровизации семян при развитии их на засоленном фоне можно видеть из следующих интересных данных И. Гущина, полученных для пшеницы (табл. 30). По исследованиям И. Гущина оказывается, что сухие семена пшеницы и ячменя чрезвычайно сильно отстают в появлении всходов в сравнении с семенами, проращенными в воде или яровизированными. Так, пшеница мелянопус 69, посеянная сухими семенами, при засолении 0.2 моля NaCl на 20-й день дала лишь 2 взошедших семени, в то время как предварительно проращенная в воде и яровизированная дала соответственно 49—48. На пшенице сорта эритроспермум 841 и ячмене нутанс 143 положительное влияние предварительного проращивания и яровизации выражены слабее, однако и здесь проращенные и яровизированные семена на 20-й день дали в 1.5—3—4 раза больше всходов, чем сухие.

Таблица 30

Появление всходов в зависимости от подготовки семенного материала при засолении 0.2 моля NaCl

Сорта	Варианты	Доза засоления, в молях	Время посева	Количество всходов			
				10.V	15.V	20.V	25.V
Мелянопус 69 . .	Сухие семена	0.2	5.V	—	—	—	2
	Проращенные в воде .	—	—	—	5	23	49
	Яровизированные . . .	—	—	—	9	34	48
Эритросперум 841	Сухие семена	0.25	5.V	—	—	—	8
	Проращенные в воде .	—	—	—	2	22	38
	Яровизированные . .	—	—	—	—	4	24
Нутанс 143 . . .	Сухие семена	0.25	5.V	—	—	9	41
	Проращенные в воде .	—	—	—	26	63	75
	Яровизированные . . .	—	—	—	20	61	66

Из табл. 31, составленной по материалам Гущина, можно видеть, что проращенные в воде и яровизированные семена пшеницы и ячменя, росшие при засолении порядка 0.20—0.25 моля NaCl, дают урожай над-

земной массы и зерна в 1.5—3 раза больше, чем посеянные сухими семенами.

Таблица 31

Влияние способов подготовки семенного материала на солеустойчивость и урожай (в г)

Дозы засоления в молях	Варианты	Эритроспермум 841		Нутанс 143	
		надземн. масса	зерно	надземн. масса	зерно
0.20	Сухие семена	6.37	1.43	14.36	5.60
	Проращенные в воде	9.05	2.28	19.96	9.08
	Яровизированные	4.80	0.81	22.42	10.47
0.25	Сухие семена	—	—	5.26	0.44
	Проращенные в воде	4.23	0.96	13.26	4.91
	Яровизированные	2.50	0.31	7.32	1.08

Все это действительно подтверждает необходимость и целесообразность предварительного проращивания и яровизации семян для посевов на засоленных почвах с целью повышения солеустойчивости. Положительное влияние проращивания и яровизации прослеживается вплоть до созревания растений.

2. Предпосевная замочка и яровизация семян сельскохозяйственных растений в питательных и солевых растворах

Одним из основных факторов угнетения сельскохозяйственных растений высоким содержанием солей в почвах является расстройство их водного режима и минерального питания. С момента всходов растений и по ходу их вегетации они не могут обеспечить себя необходимым количеством воды, а минеральное питание угнетенных растений характеризуется односторонним преимущественным поступлением в ткани растений $MgCl_2$, NaCl и других вредных солей и «голоданием» на такие важнейшие в физиологии растительного организма элементы, как Ca, K, S, Mn и др.

Отсюда чрезвычайно благодарной задачей является отыскание способов обеспечения растения, развивающегося на засоленной почве, питательными веществами на самых ранних фазах начала его развития. Такими способами могут быть предпосевная замочка и яровизация семян растений в питательных и солевых растворах.

а) Предпосевная замочка семян в солевых растворах

П. А. Генкелем и его сотрудниками (1940—1942) был разработан и испытан в полевых опытах способ повышения солеустойчивости зерновых и хлопчатника путем предварительной обработки их семян в соле-

вых растворах. Обработка семян пшеницы по методу Генкеля проводилась И. Гущиным путем двухнедельного проращивания семенного материала в растворе NaCl концентрации 0.1 моля. При этом оказалось, что урожай зерна семян, проросших в растворе NaCl, в 1.5—2 раза выше, чем урожай семян, не обработанных солями. Для некоторых сортов зерновых (эритроспермум 841, персикум 64 и нутанс 143) семена, обработанные раствором NaCl, дали урожай несколько выше, чем семена, проращенные в воде. Опыты ставились на фоне засоления к моменту посевов по NaCl 0.25 моля.

После трехлетних исследований в Фергане П. А. Генкель предложил следующую методику повышения солеустойчивости хлопчатника: подготовленные для посева и обработанные раствором формалина и затем вымоченные в воде семена хлопчатника рассыпаются в закрытом помещении на пол на 4—5 часов для того, чтобы они начали прорастать. Слой семян толщиной не более 5 см прикрывается сверху влажными мешками или берданами. После проклевывания семян в количестве около половины семена насыпаются в мешки и вымачиваются в растворе поваренной соли в течение $1^1/_2$ часов. Вымоченные семена после стекания избыточной воды высеваются. Содержание поваренной соли в воде для вымачивания семян должно достигать, по Генкелю, 40 г/л (или 480 г соли на 1 ведро).

П. А. Генкель после проверки своего метода повышения солеустойчивости семян с помощью предпосевной замочки в соляных растворах пришел к выводу, что лучше всего пользоваться смесью солей, приближающейся по составу к уравновешенному раствору Вант-Гофа.

В. А. Ковда предложил производить предпосевную замочку семян хлопчатника не в растворах поваренной соли, а в соленых грунтовых водах. Как лабораторные, так и полевые опыты показали, что замочка семян в соленой грунтовой воде дает прекрасные результаты. Всходы и урожай растений, предварительно обработанных соленой грунтовой водой, оказываются значительно лучше, чем контрольные и замоченные в растворе поваренной соли. Об этом можно судить по следующим данным В. А. Новикова, приведенным в табл. 32.

Таблица 32

Всхожесть предпосевнообработанных семян хлопчатника на фоне различной засоленности
(в %)

Степень засоления почвенного раствора, в %	Необработанные перед посевом семена	Семена, обработанные перед посевом солевым раствором	Семена, обработанные перед посевом соленой грунтовой водой
0	100	100	98
0.70	68	90	92
1.05	43	86	94
1.40	8	28	74
1.75	0	14	50

Семена хлопчатника, обработанные солевым раствором, и особенно семена, обработанные соленой грунтовой водой, обнаружили значительное повышение числа взошедших семян по сравнению с семенами, не обработанными солевыми растворами. Чем выше степень засоления, тем эффективнее положительное влияние предпосевной обработки солевыми растворами и, особенно, соленой грунтовой водой. Так, при концентрации солей в почвенном растворе 0.7% контрольные семена дали 68% всходов; семена, обработанные солями,— 90—92%. При концентрации же солей в растворе 1.75% необработанные семена не дали всходов совершенно, а обработанные солевыми растворами дали 14%, и обработанные солеными грунтовыми водами — 50%.

По данным П. А. Генкеля, С. С. Колотовой, В. А. Новикова, семена хлопчатника, предварительно обработанные солями с целью повышения солеустойчивости, приобретают способность уменьшать накопление вредных легкорастворимых солей в своих тканях (табл. 33).

Таблица 33

Поглощение солей корнями хлопчатника

Растения	Поглощение хлоридов Cl		Поглощение сульфидов SO_4	
	в мг	в % от контроля	в мг	в % от контроля
Контрольные	26.5	100	16.5	100
Предпосевнообработанные . . .	18.4	69	10.6	64

Количество хлористых и сернокислых солей, поступающих в ткани корней хлопчатника, семена которого были до посева обработаны солями, на 36—30% меньше, чем в контрольных растениях.

Выше нами было показано, что одним из важнейших факторов угнетения растений на засоленных почвах является избыточное поступление и накопление в тканях легкорастворимых солей, в особенности, хлоридов. Поэтому возможность уменьшить накопление солей в тканях растения с помощью допосевной обработки солями семян является чрезвычайно важным приемом.

Исследования П. А. Генкеля и С. С. Колотовой, произведенные в Центральной Фергане, показали, что при правильном проведении предпосевной обработки семян хлопчатника солями и при обычной нормальной агротехнике в дальнейшем можно повысить солеустойчивость и получить прибавку урожая хлопчатника на засоленных почвах. Так, полевые опыты П. А. Генкеля с хлопчатником сорта 8517 («колхозник») показали, что предпосевнообработанные солями растения имеют на 4—6 коробочек больше, чем контрольные, что обеспечивает значительное повышение урожая (табл. 34).

Таблица 34

Число коробочек и урожай сырца хлопчатника (1940)

Растения	Число коробочек на 1 раст	Урожай сырца, в ц/га	В % от контроля
Контрольные	13	11.6	100
Предпосевнообработанные солевым раствором	19	20.6	177

По данным П. А. Генкеля и его сотрудников, относительное повышение урожая хлопчатника на засоленных почвах под влиянием предпосевной обработки семян солями тем больше, чем больше засоленность почвы. Так, из данных табл. 35, где приводятся результаты полевых опытов 1941 г. на территории опытного поля в Федченко и в колхозе «Красный Октябрь», следует, что при слабых степенях засоления почвы прибавка достигает 17—25% от контроля, при сильных же степенях засоления прибавка возрастает до 37—43% от контроля.

Таблица 35

Урожай сырца хлопчатника на засоленных почвах (1941)

Растения	Слабое засоление		Сильное засоление	
	в ц/га	в % от контроля	в ц/га	в % от контроля
Опытное поле в Федченко				
Контрольные	35	100	14	100
Предпосевнообработанные солями	41	117	20	143
Колхоз «Красный Октябрь»				
Контрольные	15.7	100	13.9	100
Предпосевнообработанные солями	19.8	125	19.2	137

В 1942 г. возможность повышения солеустойчивости хлопчатника путем предпосевной обработки семян исследовалась вегетационным методом Л. П. Ждановой (Институт ботаники и почвоведения УзФАН) Изучалась возможность повышения солеустойчивости хлопчатника при предварительной обработке семян 4%-ным раствором NaCl, соленой грунтовой водой и 2%-ным раствором суперфосфата. По этим данным (табл. 36) можно видеть, что в условиях 1942 г. обработанные семена не обнаружили какого-либо преимущества во всходах, но начало бутонизации растений, обработанных до посевов грунтовой водой и суперфосфатом на засоленном фоне, наступило на 3—5 дней рачыше контроля. Обработка NaCl преимуществ в этом отношении не дала.

Большое преимущество обнаружено во времени наступления цветения. Растения, обработанные до посевов суперфосфатом и грунтовой водой, начинали зацветать на 8—9 дней раньше контроля на засоленном фоне.

Таблица 36

Влияние предпосевной обработки семян растворами солей на развитие хлопчатника на пресном и засоленном фоне (посев 19.VI)

Условия опыта		Всходы	Начало бутонизации	Начало цветения
Предпосевная обработка семян	Фон			
Контроль	Засоленный	23.VI	8 VIII	4.IX
	Пресный	23.VI	5.VIII	27.VIII
2% суперфосфата	Засоленный	23.VI	6.VIII	28.VIII
	Пресный	23.VI	1.VIII	21.VIII
Грунтовая вода	Засоленный	23.VI	3.VIII	27.VIII
	Пресный	23.VI	3.VIII	20.VIII
4% NaCl	Засоленный	24.VI	12.VIII	—
	Пресный	24.VI	3.VIII	25.IX

Разительная эффективность допосевной обработки семян хлопчатника солеными растворами и суперфосфатом на урожае видна из следующих данных Л. П. Ждановой (табл. 37).

Таблица 37

Влияние предпосевной обработки семян американского хлопчатника 8196 различными солями на урожай на засоленном и пресном фонах

Условия опыта		Число коробочек на 1 растение	Вес коробочек на 1 растение	
Обработка	Фон		в г	в %
Контроль	Засоленный	3	6.0	100.0
	Пресный	4	12.0	100.0
2% суперфосфата	Засоленный	4.5	12.0	200.0
	Пресный	5.5	19.0	158.0
Грунтовая вода	Засоленный	4.0	16.0	266.7
	Пресный	7.5	37.0	308.3
4% NaCl	Засоленный	3.0	7 0	116.0
	Пресный	6.0	24 0	200 0

Растения, получившие предпосевную обработку семян суперфосфатом и грунтовой водой, имели по засоленному фону на 1—1.5 коробочек больше на 1 растение, чем контрольные. Такая же прибавка отмечается и для растений на пресном фоне. Но особенно сильно положительное влияние допосевной обработки семян проявляется на весе коробочек. На засоленном фоне обработка семян суперфосфатом и грун-

товой водой дала увеличение веса коробочек на 1 растение по сравнению с контролем на 100—166%. Эффективность хлористого натрия была значительно меньше, всего лишь 16%. На незасоленном фоне также констатируется положительное влияние допосевной обработки суперфосфатом в количестве 58%, хлористым натрием 100% и грунтовой водой 208% (!).

Таким образом, вегетационные опыты Л. П. Ждановой также подтверждают высокую эффективность допосевной обработки семян хлопчатника солеными грунтовыми водами и раствором хлористого натрия, но результаты ее исследования расширяют вопрос, рисуя картину положительного воздействия этих приемов на хлопчатник не только на засоленном фоне, но и в еще более высокой степени на фоне пресном.

б) Предпосевная замочка и яровизация семян в питательных растворах

Значительное повышение солеустойчивости растений достигается предпосевной замочной и яровизацией семян в растворах питательных веществ. Этим путем преодолеваются две основные трудности развития растений на засоленных почвах: а) недостаток воды в семенах и задержка набухания и б) недостаток важнейших элементов минерального питания (Ca, S, K, P).

Уже Л. Л. Голодковским было установлено, что яровизация семян хлопчатника в питательных растворах (H_2PO_4, HNO_3) повышает урожай, особенно в богарных условиях. Основываясь на отмеченных фактах, Институт ботаники и почвоведения УзФАН поставил испытания яровизации и замочки семян в питательных растворах как способов повышения солеустойчивости растений. Оба приема испытывались в полевых условиях в 1941—1942 гг. (работы Х. Аманова и З. М. Пащенко). Испытывались следующие соединения:

Соединения	Концентрации для замочки, в %	Концентрации для яровизации, в %
Суперфосфат	3	2.5—5
$KMnO_4$	—	0.075
Суперфосфат + $KMnO_4$	3 + 0.01	2.5 + 0.075
		5 + 0.075
Суперфосфат + H_3BO_3 + $KMnO_4$	3 + 0.01 + 0.01	5 + 0.075 + 0.075

В качестве контроля служили замочка и яровизация в воде. Замочка семян хлопчатника в воде и растворах производилась путем выдерживания в течение 48 часов необходимого количества семян в сосудах с пятикратным (по отношению к весу семян) количеством соответствующего раствора. Яровизация производилась путем смачивания необходимого количества семян намеченными растворами с поддержанием влажности около 60%. Необходимое количество питательных растворов вносилось в 4 приема. После внесения питательных растворов семена тщательно перемешивались для достижения однородности сма-

чивания. Яровизация продолжалась до отчетливо выраженного проклевывания семян. Замоченные и яровизированные в питательных растворах семена в дальнейшем высевались на засоленных почвах опытного участка Института в районе станции Золотая Орда. Степень засоленности пахотного горизонта почв участка была к моменту бутонизации около 0.7—1% легкорастворимых солей, в числе которых преобладают сульфаты.

Опыты 1941 г. дали следующие интересные результаты.

Предпосевная яровизация семян в питательных растворах заметно повысила солеустойчивость и урожайность растений на засоленных почвах. Положительное влияние яровизации в питательных растворах начиналось уже с периода всходов. Особенно выделялось воздействие $KMnO_4$, вызвавшего появление всходов на 2 дня раньше контроля. В фазе цветения растения, обработанные перед посевом суперфосфатом и смесью суперфосфата + $KMnO_4$, также зацветали на 5—3 дня раньше растений, подвергшихся яровизации в воде, и на 5—7 дней раньше обычных неяровизированных посевов. То же ускорение развития отмечается и на фазе созревания хлопчатника. Это отчетливо можно видеть по данным табл. 38, где приведены также и цифры урожая.

Таблица 38

Влияние предпосевной яровизации в питательных растворах на повышение солеустойчивости хлопчатника

(опыты Х. Аманова)

Растворы	Проявление всходов	Начало цветения	Раскрытие коробочек	Урожай хлопка-сырца, в г на 4 2 м²	Повышение урожая, в %
Вода	11.V	15.VII	1.VIII	932 ± 42	100
$KMnO_4$	9.V	13—14.VII	1.VIII	1 252 ± 28	134
Суперфосфат	11.V	10—11.VII	30.VII	1 170 ± 88	125
Суперфосфат + $KMnO_4$ . . .	10.V	10—12.VII	27.VII	1 510 ± 43	162

Полученные Амановым результаты исследований 1941 г. свидетельствуют об исключительно высокой эффективности допосевной яровизации семян с раствором марганцевокислого калия и его смеси с суперфосфатом.

Параллельная серия опытов 1941 г., поставленная на сильнозасоленных почвах, ввиду отмирания контрольных растений вследствие большой засоленности почв (1.5—3%), не дала такой цельной картины. Однако и на этой серии опытов было видно исключительно мощное воздействие допосевной яровизации семян хлопчатника в питательных растворах на повышение их солеустойчивости. Характерно, что после 1 июля, когда особенно сильно проходил процесс сезонного засоления пахотного горизонта, первыми погибли семена, подготовленные путем обычной (36-часовой) замочки в воде. После них погибли

семена, яровизированные в воде без питательных растворов. Таким образом, наименьшей солеустойчивостью обладали растения, семена которых предварительно не обогащались питательными веществами.

Варианты с яровизацией в растворе $KMnO_4$ оказались также частично погибшими, но большая часть повторностей с яровизацией в $KMnO_4$, а также в суперфосфате и в смеси суперфосфата + $KMnO_4$ дали сравнительно удовлетворительные результаты, несмотря на то, что степень засоленности почв в пахотном горизонте достигала в период бутонизации 2—3% (табл. 39).

Таблица 39

Влияние предпосевной яровизации семян в питательных растворах на солеустойчивость хлопчатника

Растворы	Всходы	Бутонизация	Урожай с площади 42 м², в г
Замочка в воде	Много невзошедших	Погибли	0
Яровизация в воде	» »	»	0
» » $KMnO_4$	Всходы недружные	» частично	145.7
» » суперфосфате	» »	Частично пострадали	245
» » суперфосфате + + $KMnO_4$	» »	» »	261

Таким образом, и эта интересная серия опытов, проведенных на сильнозасоленных почвах, дает вывод, подтверждающий возможность значительного повышения солеустойчивости хлопчатника путем предпосевной яровизации его в питательных смесях. На первое место при этом выдвигается смесь суперфосфата и $KMnO_4$. Если вспомнить, что смесь суперфосфата + $KMnO_4$ позволяет семенам хлопчатника запастись Ca, S, K и Mn, т. е. как раз теми элементами, которые больше других оказываются в дефиците при развитии растения на засоленных почвах, то станет понятным, почему максимальная эффективность связана именно с этой смесью.

В 1941 г. кроме яровизации исследовалась предпосевная замочка семян в питательных растворах. К сожалению, опыты по замочке и яровизации в питательных растворах были проведены с различными концентрациями солей, что лишает возможности оценить значение замочки и яровизации, как таковых. В табл. 40 приводятся результаты исследования 1942 г.

Результаты исследовании 1942 г. подтверждают исследования 1941 г. о повышении солеустойчивости и урожайности растений, яровизированных в питательных смесях. При этом на первом месте попрежнему остается смесь суперфосфата с $KMnO_4$. Дополнительное введение в эту смесь бора особого эффекта не дает. Интересно также, что предпосевная замочка семян в питательных растворах также дает высокий эффект, повышая урожай первого сбора.

Таблица 40

Влияние предпосевной замочки и яровизации семян на солеустойчивость хлопчатника

Растворы	Всходы, в %	Урожай 1-го сбора с площади 3 1 м², в г
Замочка		
Суперфосфат 3%	90.6	2.73
» + $KMnO_4$ 0.01%	96.1	2.81
» + $KMnO_4$ 0.01% + H_3BO_3 0.01%	94.9	2·94
Контроль	90.0	2.65
Яровизация		
Суперфосфат 3%	89.2	3.07
» + $KMnO_4$ 0.075%	92.2	3.88
» + $KMnO_4$ 0.075% + H_3BO_3 0.075%	90.3	3.90
Контроль	88.1	2.54

Отсутствие заметного эффекта от введения бора в растворы, в которых проводились яровизация и замочка, не может быть нами объяснено. Исходя из данных В. А. Новикова, можно было ожидать обратного результата. Многочисленные исследования (Бобко, Шестакова, Сывороткина, Школьник и др.) указывают на повышение урожая растений при дополнительном введении бора в питательные смеси. С другой стороны, можно считать, что отсутствие бора в питательных растворах снижает поступление Cl в проростки хлопчатника (В. А. Новиков). Это особенно хорошо видно по следующим данным В. А. Новикова (табл. 41).

Таблица 41

Поступление хлоридов в зависимости от содержания бора на растворах 0.03 г-моль NaCl (в %)

Сорта хлопчатника	Продолжительность опыта			
	2 дня		5 дней	
	без бора	с бором	без бора	с бором
Навроцкий	—	—	0.6227	0.4109
№ 1306	1.076	0.5131	0.9274	0.7005
Пима	0.4558	0.2749	0.9911	0.5394

Уменьшая на засоленных почвах накопление хлоридов в растениях, бор должен способствовать повышению их солеустойчивости. В. А. Новикову удалось в вегетационных опытах доказать эффективность бора. Им установлено, что лучшей концентрацией борной кислоты для

предпосевной обработки хлопчатника является 0.4—0.7%. Замочка семян производилась в растворах этой концентрации в течение 48 часов при температуре 25°С.

Вегетационные опыты Новикова проводились на незасоленном (контроль) и засоленном фонах. Засоление производилось уравновешенным раствором Вант-Гофа — Рихтера с доведением количества солей по Cl до 0.2 *n*. Результаты исследования Новикова приведены в табл. 42, заимствованной нами в сокращенном виде из его работы.

Полученные В. А. Новиковым результаты вегетационных опытов позволили ему притти к выводу о том, что предпосевная замочка семян хлопчатника в борной кислоте приводит как на засоленном, так и на незасоленном фоне «к увеличению общего урожая воздушносухой массы и сырца». На засоленном фоне наиболее эффективной является концентрация борной кислоты 0.7%, на фоне незасоленном — соответственно 0.4%.

Таблица 42

Влияние предпосевной замочки семян в растворах борной кислоты на солеустойчивость хлопчатника

Варианты опыта	Число коробочек на 1 растение	Урожаи, в г	
		вся воздушносухая масса	сырец
Незасоленный фон			
Семена замочены в дистиллированной воде (контроль)	25.5	274.5	111.5
В % от контроля	100	100	100
Семена замочены в 0.4% растворе борной кислоты	36.5	344.2	139.3
В % от контроля	143.2	125.4	124 9
Семена замочены в 0.7% растворе борной кислоты	29.0	321.1	129.8
В % от контроля	113.7	119.1	116.5
Засоленный фон			
Семена замочены в дистиллированной воде (контроль)	8	72.1	36.0
В % от контроля	100	100	100
Семена замочены в 0.4% растворе борной кислоты	10	104.4	38.5
В % от контроля	125	144.8	106.1
Семена замочены в 0.7% растворе борной кислоты	16	119.3	52.9
В % от контроля	200	165 5	147.1

На засоленном фоне в сравнении с контролем эффективность борной кислоты в концентрации 0.7% выше по сравнению с пресным фоном, давая прибавку до 47% против контроля.

Рассмотрение результатов исследований Генкеля, Новикова, Амазова, Пащенко позволяет притти к выводу о том, что предпосевной замочкой и яровизацией семян растений в растворах солей, суперфосфате и, в особенности, в растворах суперфосфата в смеси с $KMnO_4$ и борной кислотой можно значительно повысить солеустойчивость и уро-

жайность хлопчатника (очевидно, и других растений) на засоленных почвах.

В основе механизма воздействия предпосевной замочки и яровизации, повидимому, лежит возможность обеспечения всходов растений на самых ранних фазах их развития необходимым запасом важнейших элементов минерального питания: Ca, S, K, Mn.

Технику применения допосевной замочки и яровизации семян растений для производственных условий нельзя считать окончательно разработанной. Нужна еще значительная исследовательская работа для внедрения этих методов в производство, но возможные приемы подготовки семян к посеву на засоленных почвах уже найдены.

3. Удобрения и внекорневые подкормки как возможный способ повышения солеустойчивости растений

Расстройство минерального питания растений на сильнозасоленных почвах, начиная с момента всходов, в дальнейшем сохраняется в течение всей вегетации до конца созревания. Предпосевная замочка семян или яровизация их в питательных и солевых растворах в значительной степени ослабляют дефицит важнейших элементов зольного питания растений на засоленных почвах, но, естественно, не могут обеспечить все циклы их развития. Поэтому необходимо найти способы улучшения минерального питания растения на засоленных почвах по ходу вегетационного периода, с тем, чтобы и на более поздних стадиях развития восполнять дефицит важнейших элементов и таким образом обеспечить получение растением всего комплекса необходимых минеральных веществ. Исследованиями опытных станций СоюзНИХИ доказано, что удобрения повышают солеустойчивость хлопчатника. Поэтому наиболее простым путем улучшения минерального питания растений и закрепления всходов является внесение в засоленную почву удобрений и особенно подкормок растений по ходу вегетационного периода. Но следует иметь в виду, что внесение удобрений и подкормки не всегда может достигать поставленной цели. Высокая концентрация почвенного раствора засоленных почв будет приводить к тому, что некоторые питательные вещества (например PO_4) могут переходить в осадок. Легко же растворимые удобрительные вещества, как аммонийные и калийные соли азотной и серной кислот и, в особенности, калийная соль, поступая на засоленные почвы, будут способствовать повышению концентрации солей в почвенных растворах и увеличению их токсичности для растений. Очевидно, что эффективность минерального удобрения в решении задачи повышения солеустойчивости растений может быть полностью решена лишь при одновременном уменьшении количества и концентрации легкорастворимых солей в почвенных растворах, т. е. после промывок и при достаточных поливах.

Однако в некоторых случаях грунтовые воды могут быть настолько близкими к поверхности, что увеличение числа поливов для разбавления почвенного раствора, без чего невозможно добиться эффектив-

ности минеральных удобрений на сильнозасоленных почвах, будет недопустимо. Может быть и такой случай, когда количество солей в почве настолько велико, что культурная растительность будет вообще не в состоянии развиваться. Поэтому, кроме использования минеральных удобрений в целях повышения солеустойчивости растений на засоленных почвах, целесообразно исследовать и использовать другие пути улучшения минерального питания растений.

Известно, что минеральные вещества, необходимые для растения, могут быть введены в последнее внекорневым путем, через лист. Возможность и хозяйственная эффективность этих приемов была доказана для незасоленных почв исследованиями Мацкова на свекле, Оганова на хлопчатнике и Левина на пшенице. Заманчивость возможности улучшения минерального питания растений с помощью внекорневых подкормок увеличивается еще и тем, что этим путем можно добиться значительного уменьшения расходов на удобрения, так как концентрации растворов, применяющихся для внекорневого питания растений, должны быть невысокими. Поэтому естественно было бы испытать методы внекорневого минерального питания растений для целей повышения их солеустойчивости и урожая на засоленных почвах.

В нашем распоряжении имеется крайне ограниченный материал по действию удобрений и внекорневых подкормок на засоленных почвах. Однако этот материал дает достаточно убедительную картину эффективности этих приемов и позволяет ставить вопрос о доработке этих методов в опытных условиях, а затем и о проверке их в производственных условиях.

а) Удобрения и внекорневые подкормки свеклы

Исследования проводились Институтом ботаники и почвоведения УзФАН (Ниязов, Пащенко) на засоленных почвах района станции Золотая Орда в Голодной Степи в 1942 г. Испытывался рост и урожай свеклы на слабо- и сильнозасоленных почвах в следующих трех вариантах при четырехкратной повторности: 1) контроль (без удобрений), 2) корневое питание, 3) внекорневое питание.

Основное удобрение вносилось до вспашки из расчета 90 кг/га азота и 120 кг/га фосфора. Внекорневое питание проводилось путем трехкратного опрыскивания настоем и суспензией тукосмеси концентрации 2.5%. Для опрыскивания применялся ручной опрыскиватель системы «Автомакс». Дозировка раствора опрыскивания была взята 20 л на 100 м², в соответствии с результатами исследования Харьковского сельскохозяйственного института. Опрыскивание производилось вечером после 18 часов. Корневые подкормки вносились под кетмень в те же сроки, когда давалось опрыскивание. При внекорневом питании было дано в 5 раз меньше удобрений в виде тукосмеси, чем при обычном корневом.

При опрыскиваиии . . . . . 50 кг/га × 3 = 150 кг/га
При корневом питании . . . . . 250 кг/га × 3 = 750 кг/ва

Таблица 43

Рост сахарной свеклы на засоленных почвах в зависимости от способа подкормки

(данные Ниязова и Пащенко)

Дата определения	Корневое питание				Внекорневое питание				Контроль			
	общий вес пробы, в г	вес корня, в г	вес ботвы, в г	число растений, в пробе	общий вес пробы, в г	вес корня, в г	вес ботвы, в г	число растений в пробе	общий вес пробы, в г	вес корня, в г	вес ботвы, в г	число растений в пробе
Засоленная почва												
20.V	0.89	0.27	0.62	40	—	—	—	—	0.75	0.20	0.55	40
30.V	14.20	1.80	12.30	50	—	—	—	—	11.58	1.43	10.15	50
9.VI	15.10	2.52	12.58	20	26.04	3.89	22.15	20	15.73	1.62	14.11	20
19.VI	108.9	20.40	88.50	12	112.45	18.75	93.70	12	91.55	16.53	75.84	9
29.VI	158.10	34.10	84.10	20	161.10	45.60	115.50	20	103.20	32.80	88.52	20
9.VII	159.95	65.40	94.55	20	182.80	65.60	197.20	20	141.55	58.75	82.80	20
29.VII	2 181	1 184	947	—	2 980	1 637	1 343	—	1 990	1 160	830	—
Сильнозасоленная почва												
20.V	0.87	0.15	0.72	40	—	—	—	—	0.77	0.18	0.59	40
30.V	14.50	1.50	21.10	50	—	—	—	—	11.98	1.35	10.63	50
9.VI	17.51	2.45	15.06	20	21.20	2.98	18.82	20	15.11	1.65	13.46	20
19.VI	101.33	14.30	87.03	9	122.27	16.72	95.55	9	69.06	12.84	56.22	9
29.VI	132.1	40.50	91.60	15	208.40	67.60	140.80	15	104.10	31.60	72.50	15
9.VII	164.33	66.40	98.13	15	182.63	73.88	119.66	15	140.70	46.50	94.20	15
29.VII	2 130	930	1 893	—	3 200	1 265	1 093	—	1 770	1 075	650	—

Опрыскивание питательными смесями и подкормка через почву были даны в следующие фазы развития свеклы:

а) фаза усиленного роста;

б) фаза закладки корня;

в) фаза накопления сахара.

Положительный эффект удобрений, как можно видеть из данных Ниязова (табл. 43), начинается после первого опрыскивания и подкормки. Характерно, что внекорневые подкормки, как правило, дают заметно больший эффект, чем подкормки обычные.

Итоговый результат этих разведывательных опытов можно видеть из данных табл. 44 (материалы Ниязова и Пащенко). Полученные данные замечательны тем, что они весьма убедительно показывают высокую эффективность внекорневого питания с помощью трехкратного опрыскивания раствором тукосмеси в повышении солеустойчивости и урожая сахарной свеклы на засоленных почвах.

Таблица 44

Влияние удобрений и внекорневого питания на повышение солеустойчивости сахарной свеклы

Характер засоленности почвы и вариант опыта	Урожай, в ц/га	Прибавка урожая, в ц/га
Засоленная почва		
Контроль	181.2	0
Корневое питание	195.6	14.4
Внекорневое питание	200.08	18.9
Сильнозасоленная почва		
Контроль	99.4	0
Корневое питание	132.6	33.2
Внекорневое питание	143.7	44.3

Интерестно, что внекорневое питание не только полностью заменяет корневые подкормки по величине прибавки урожая, но даже превышает прибавку от удобрений через почву. Особенно велика эффективность внекорневого питания, как дешевого способа повышения солеустойчивости растений, на сильнозасоленных почвах, где прибавка против контроля, не получившего подкормок, составляет около 45%.

Изучая полученные цифры, можно также отметить высокую эффективность обычных подкормок на засоленных почвах. При этом эффективность удобрений на сильнозасоленных почвах выше, чем на слабозасоленных. В то время как на слабозасоленных почвах прибавка урожая сахарной свеклы по сравнению с контролем при обычном внесении подкормок составляет 14.4 ц/га, т. е. около 8% контроля, соответственная прибавка урожая на фоне сильнозасоленных почв составляет приблизительно 33% против контроля. Эти цифры свидетельствуют о том, что минеральные удобрения на засоленных орошаемых почвах яв-

ляются мощным фактором повышения приспособленности свеклы к развитию в условиях засоления и способствуют значительному повышению урожая.

Еще более мощным и в то же время значительно более дешевым фактором повышения стойкости на засоленных почвах может явиться подкормка растений свеклы через лист методом опрыскивания.

б) Удобрение и внекорневые подкормки хлопчатника

Менее определенные результаты получены при сравнительном изучении влияния удобрений почвы и подкормок через лист на повышение солеустойчивости хлопчатника. Однако результаты исследований Института ботаники и почвоведения УзФАН в этом направлении представляют перспективный интерес, поэтому мы кратко их изложим (исследования Х. Аманова и З. Пащенко).

Опыты проводились в вегетационных сосудах на Ташкентском экспериментальном участке института и на опытном участке в Золотой Орде. В вегетационных опытах 1942 г. испытывалось сравнительное влияние удобрений и внекорневых подкормок на хлопчатник на фоне незасоленной почвы и почвы, искусственно засоленной раствором Вант-Гофа — Рихтера в количестве по NaCl 0.1 *n* и 0.2 *n*. Внекорневые подкормки производились путем опрыскивания листьев хлопчатника суспензией тукосмеси концентрации 2.5%, а также тукосмесью с добавлением B, Mn, Fe (микроудобрения) три раза в течение вегетационного периода. Одновременно другая серия сосудов получила удобрения обычным путем, но в количестве в 5 раз большем, чем при опрыскивании. Полученные результаты приведены в табл. 45.

Таблица 45

Влияние удобрений и внекорневых подкормок на повышение солеустойчивости хлопчатника (по вегетационным опытам)

Вариант	Степень засоления, в *n* NaCl	Число коробочек	Общий урожай
Без подкормки	Нет	2	12.0
N + P, опрыскивание	»	3	23 0
N + P, подкормка	»	6	45.5
N + P + микроудобрения, опрыскивание	»	2	17.5
N + P + микроудобрения, подкормка	»	7	46.0
Без подкормки	0.1	2	13.5
N — P, опрыскивание	0.1	2	18.8
N + P, подкормка	0.1	4	33.0
N + P + микроудобрения, опрыскивание	0.1	2	13.0
N + P + микроудобреиия, подкормка	0.1	6	41.5
Без подкормки	0.2	1	8.2
N + P, опрыскивание	0.2	2	15.1
N + P, подкормка	0.2	3	29.5
N + P + микроудобрения, опрыскивание	0.2	2	12.5
N + P + микроудобрения, подкормка	0.2	4	29.4

Из этих данных можно видеть, что в условиях опыта для хлопчатника наиболее эффективным при обоих вариантах засоления почвы является подкормка растений внесением удобрений в почву. Как при засолении 0.1 *n*, так и при засолении 0.2 *n* внесение удобрений в почву повышает урожай более чем в 3 раза. При варианте засоления 0.1 *n* особенно выделяется внесение в подкормках, кроме N и P, еще и микроудобрений (B, Mn, Fe).

Подкормка растений хлопчатника через лист также являлась заметным фактором улучшения их развития, но положительное влияние внекорневой подкормки хлопчатника выражено несравненно слабее, чем это имело место со свеклой.

Опрыскивание тукосмесью и тукосмесью вместе с микроэлементами при засолении порядка 0.1 *n* почти не дало никакого эффекта, и лишь при засолении 0 2 *n* была получена прибавка урожая хлопчатника порядка 50—100%.

Надо, однако, признать, что опыты проведены не достаточно удачно; подкормки через лист были даны всего лишь 2 раза. Не исключено, что применение вместо двух опрыскиваний 3—4 могло бы дать значительно больший эффект. Все же и эти данные свидетельствуют о возможности повысить приспособленность растений к существованию на засоленных почвах и увеличить их урожай.

Известным подтверждением высказанного соображения могут явиться результаты полевых опытов Х. Аманова, проверенных в Золотой Орде в 1941 г.

Опыты проводились на делянках размером 67.2 м², опрыскивание производилось через каждые 5 дней, начиная с момента образования 3—4 листов вплоть до фазы цветения. Для опрыскивания приготовлялась смесь следующего состава: KH_2PO_4—0.01%, H_3BO_3—0.01%. Таким образом, суммарная концентрация раствора, которым производилось опрыскивание, не превышала 0.02%, т. е. была очень маленькой. Результаты внекорневой подкормки растений хлопчатника представлены в следующих данных Х. Аманова:

	Высота	Число коробочек
Контроль	35—40 см	4—6
Внекорневая подкормка 1 раз	84.6 „	10—6
Внекорневая подкормка 2 раза	72.4 „	12.0

Стремясь расчленить влияние опрыскивания питательными веществами и влияние самой воды, Х. Аманов провел второй полевой опыт. Растения на засоленной почве опрыскивались 5 раз раствором KH_2PO_4 концентрации 0.1%: два раза до бутонизации, два раза во время бутонизации и один раз во время цветения; контрольные рядки хлопчатника опрыскивались только водой. Автор констатировал, что опрыскивание раствором KH_2PO_4 сокращало длину вегетационного периода на 6 дней против контроля, способствовало более мощному развитию опытных растений и получению более высокого урожая (табл. 46).

Таблица 46

Влияние внекорневых подкормок KH_2PO_4 на развитие хлопчатника на засоленных почвах

(данные Аманова)

№ ряда	Обработано	Число растений в 1 ряд	Высота, в см	Урожаи хлопка-сырца		Среднее число коробочек на 1 раст (всего)
				со всего ряда, в г	на 1 растение в г	
1	KH_2PO_4 .	26	51–73	455	17.5	8.0
3		34		560	15.5	5.8
6		34		568	16.7	7.3
2	Вода	37	49—61	229	6.2	4.1
4		15		169	11 0	6.3

Как можно видеть из данных табл 46, подача питательных веществ (К и Р) растениям на засоленных почвах через листья путем опрыскивания исключительно благоприятно отзывается на их общем развитии и урожае, повышая последнии против опрыскивания водой в 1.5—3 раза.

Поставленный вопрос о повышении солеустойчивости сельскохозяйственных растений методом внекорневых подкормок с помощью опрыскивания питательными растворами нельзя считать в какой-либо степени разработанным и пригодным для внедрения в практическую обстановку. Однако рассмотренные выше данные свидетельствуют о том, что нащупывается дешевый и действительный прием улучшения минерального питания растений, повышения их солеустойчивости и увеличения урожайности на засоленных почвах. Нужна, однако, значительная работа по изучению механизма поступления питательных растворов через лист, уточнению оптимальных сроков подачи их растениям и, наконец, установлению оптимальных концентрации и состава.

4. Воспитание солеустойчивости развивающегося растения

Выше показано, что солеустойчивость большинства растений увеличивается с их возрастом и развитием В основе этого явления могут быть две причины а) постепенное огрубение тканей растения с возрастом, влекущее за собой уменьшение проницаемости и понижение чувствительности к солям, и б) постепенное приспособление растения к увеличивающемуся содержанию солей. Последнее было экспериментально доказано исследованиями Д А Шутова и его сотрудников, а позже В. А. Новиковым на хлопчатнике и И. Гущиным на пшеницах и ячмене.

Д. А. Шутов, постепенно увеличивая концентрацию солей, установил, что хлопчатник в возрастающей степени повышает свою солеустойчивость и может переносить концентрацию Cl до 0 5 моля Быстрое же увеличение содержания солей в растворе вызывает резкое угнетение хлопчатника уже при концентрации Cl 0 12 моля

Опыты И. Гущина с пшеницами и ячменем производились также при «постепенном засолении хлористым натрием, начиная с момента появления первых всходов, с двумя дозами засоления: 0.25 и 0.40 моля». После развития признаков угнетения — 15 мая и позже, 23 мая — были взяты образцы для анализа. Оказалось, что растения, развивающиеся на засоленном фоне, содержат несколько меньше воды по отношению к общему весу растений, чем контрольные. В отдельных случаях содержание воды против контроля падало на 8—15% (табл. 47).

Таблица 47

Динамика воды в растении под влиянием постепенного засоления
(вегетационные опыты Гущина)

Сорта	Дата взятия образца	% воды в сыром растении			В % к контролю		
		контроль	засоление		контроль	засоление	
			0.25 моля	0.40 моля		0.25 моля	0.40 моля
Мелянопус 69 . .	15.V	84.7	81.0	79.0	100	93	92
Эритроспермум 841		86.6	82.5	81.6	100	95	94
Нутанс 143 . . .		87.8	85.8	84.7	100	98	95
Мелянопус 69 . .	23.V	84.3	80.4	71.9	100	95	85
Эритроспермум 841		85.3	78.8	70.5	100	92	82
Нутанс 143 . . .		85.7	81.5	76.1	100	95	89

Анализ поведения углеводов в растениях с засоленного субстрата обнаруживает, что в начальные периоды воздействия солей при слабых концентрациях содержание углеводов оказывается в них меньше, чем в контроле, но при более высоком засолении и в более поздний период содержание углеводов в растениях, подвергающихся воздействию солей, начинает возрастать и превышать содержание его в контрольных растениях (табл. 48). Оба процесса — обезвоживание и увеличение содержания углеводов — закономерно приводят к увеличению концентрации клеточного сока в растениях, растущих на засоленном субстрате.

По данным табл. 49 можно видеть резко выраженное увеличение концентрации клеточного сока под влиянием постепенного засоления. При этом чем выше степень засоления и чем длительнее время развития растений на засоленном субстрате, тем более резко возрастает концентрация углеводов в клеточном соке. Так, в случае с пшеницей эритроспермум 841 и нутанс 143 концентрация углеводов при засолении 0.40 моля на 206—229% выше контроля, т. е. возрастает более чем в 3 раза.

Приведенные материалы свидетельствуют о том, что постепенное засоление вызывает в растениях пшеницы и ячменя резко выраженные реакции, ведущие за собой увеличение осмотического давления клеточного сока и его сосущей силы, что будет .способствовать большей приспособленности растения к существованию на засоленном фоне.

Таблица 48

Динамика углеводов в растении под влиянием постепенного засоления

Сорта	Дата взятия образца	Сумма углеводов в мг на 1 г сухого вещества			В % к контролю		
		контроль	засоление		контроль	засоление	
			0.25 моля	0.40 моля		0.25 моля	0.40 моля
Меляпопус 69 . .	15.V	134.8	132.9	163.1	100	98	121
Эритроспермум 841		148.5	146.9	150.8	100	99	102
Нутанс 143 . . .		104.8	85.1	90.5	100	81	86
Эритроспермум 841	23.V	135.3	179.4	168.3	100	133	124
Нутанс 143 . . .		110.3	113.3	192.3	100	103	174

Таблица 49

Сумма углеводов в процентах к воде растения

(даиные Гущина)

Сорта	Дата взятия образца	В абсолютных величинах			В % к контролю		
		контроль	засоление		контроль	засоление	
			0 25 моля	0.40 моля		0.25 моля	0.40 моля
Меляпопус 69 . .	15.V	2.44	3.10	4.17	100	127	171
Эритроспермум 841		2.30	3.12	3.40	100	131	148
Нутанс 143 . . .		1.52	1.41	1.63	100	93	107
Эритроспермум 841	23.V	2.32	4.82	7.10	100	208	306
Нутанс 143 . . .		1.83	2.57	6.02	100	140	329

Особенно убедительно показано И. Гущиным значение медленного засоления в повышении солеустойчивости растений зерновых в другой серии опытов, где сравнивается эффект засоления, произведенного в один прием, с медленно возрастающим засолением при одинаковых конечных концентрациях солей. Соли давались к фазам кущения и стеблевания в одной серии опытов постепенно, а в другой серии — в один прием.

Внесение солей в один прием по своему отрицательному эффекту резко отличалось от последствий медленного увеличения концентрации солей: растения сильно увядали, в дальнейшем резко отставали в росте от вариантов, имевших постепенное засоление; часть растений сразу же гибла. Все это сказалось и на урожае. Варианты, получившие засоление в один прием, потеряли по сравнению с вариантами постепенного засоления до 70—80% урожая.

Воспитание солеустойчивых растений пшеницы постепенным повышением концентрации солей мобилизует возможности растений приспособляться к засоленному субстрату и способствует получению более высоких урожаев. Так, по опытам И. Гущина (табл. 50), урожай пшеницы при постепенном засолении почвы в 2—3 раза выше, чем урожай, получаемый при быстром засолении, даваемом в те же фазы развития.

Таблица 50

Солеустойчивость растений в зависимости от возраста

Варианты засоления	Урожай, в г на сосуд					
	сорт 69		сорт 841		сорт 143	
	надземная масса	зерно	надземная масса	зерно	надземная масса	зерно
Контроль (без засоления) .	30.18	12.24	25.21	11.55	29.22	12.12
Засоление 0.24 моля NaCl: К посеву	0.00	0.00	0.00	0.00	5.26	0.44
Засоление 0.24 моля NaCl: К кущению постепенно . . .	7.05	0.76	10.56	3.42	11.20	4.70
Засоление 0.24 моля NaCl: К кущению в 1 прием	4.45	0.25	4.94	1.28	0.00	0.00
Засоление 0.24 моля NaCl: К стеблеванию постепенно . . .	15.28	3.83	14.84	5.03	15.21	5.75
Засоление 0.24 моля NaCl: К стеблеванию в 1 прием	7.51	1.45	5.01	0.72	9.34	1.13

Причиной гибели растений при засолении в один прием И. Гущин справедливо считает повышенное накопление хлоридов в тканях подопытных растений, что в растениях, переживающих постепенное засоление, выражено в несравненно более слабой степени.

Как показывает И. Гущин (табл. 51), при постепенном засолении (слабые и высокие концентрации) поступление Cl в ткани растений в 1.5—3 раза меньше, чем при засолении быстром.

Таким образом, полученные Гущиным результаты совпадают с наблюдениями Шутова и Новикова и вместе с тем подтверждают наблюдающиеся в земледелии случаи удовлетворительного развития культурных растений на засоленных почвах при постепенном увеличении степени их засоленности.

Таблица 51

Содержание Cl в сухом веществе растения (в %)

Сорта	Варианты	Дата взятия образца		
		27.V	1.VI	9.VI
Эритроспермум 841	Контроль	0.59	0.86	0.85
	Засоленне постепенное 0.25 моля	1.99	3.42	3.14
	То же 0.40 „	3.11	3.88	4.47
	Засоление в 1 прием 0.25 „	4.83	4.44	—
	То же 0.40 „	7.09	6.64	—
Нутанс 143	Контроль	1.01	0.95	1.03
	Засоление постепеиное 0.25 моля	4.06	3.84	3.13
	То же 0.40 „	3.77	4.78	4.04
	Засоление в 1 прием 0.25 „	7.12	12.07	—
	То же 0.40 „	7.32	14.36	—

Приложение

Подразделение засоленных почв орошаемой зоны СССР по степени засоления

(в % на 0—50-см толщу.— В. А. Ковда)

Химизм засоления	Примеры	Незасоленные почвы. Развитие хлопчатника роскошное			Слабозасоленные почвы. Развитие хлопчатника удовлетворительное. Нужны тщательные поливы и уменьшение испарения с поверхности почвы			Среднезасоленные почвы. Хлопчатник изрежен, угнетен. Нужны дополнительные вегетационные поливы и усиленный агрокомплекс			Сильнозасоленные почвы. Хлопчатник единичный, карликовый, с 1—3 коробочками. Нужны профилактический зимний полив и дополнительные вегетационные поливы, редкие коллекторы			Солончаки. Хлопчатник не развивается. Нужны промывки и дополнительные вегетационные поливы, глубокие коллекторы, дренаж		
		Плотн. остат.	Cl	SO_4	Плотн. остат.	Cl	SO_4	Плотн. остат.	Cl	SO_4	Плотн. остат.	Cl	SO_4	Плотн. остат.	Cl	SO_4
$Cl > SO_4$	Мугано-Сальянская степь. Каспийская низменность .	<0.1	<0.005	<0.03	0.1—0.3	0.005—0.01	0.03—0.03	0.3—0.5	0.01—0.05	0.1	0.5—0.8	0.05—0.10	0.3—0.5	>1.0	>0.1	>0.5
$Cl \geqq SO_4$	Вахш, Голодная Степь, Мургаб	<0.2	<0.005	<0.05	0.3—0.5	0.005—0.03	0.1—0.02	0.5—0.8	0.03—0.05	0.2—0.5	0.8—1.0	0.05—0.15	0.5—0.7	>1.2	>0.1	>0.8
$Cl \leqq SO_4$	Хорезм, Кашка-Дарья . .	<0.3	<0.005	<0.15	0.5—0.8	—	0.2—0.4	0.8—1.0	0.03—0.06	0.4—0.6	1.0—1.5	0.05—0.10	0.7—0.9	>1.5	>0.1	>1.0
$SO_4 > Cl$	Бухара, Центральная Фергана	<0.5—0.6	<0.005	<0.3	0.8—1.2	0.005—0.01	0.3—0.6	1.2—1.5	0.01—0.03	0.5—0.8	1.5—2.0	0.02—0.05	0.9—1.2	>2.0	>0.05	>1.5

Годовой цикл солевого режима засоленных почв в природе слагается, как известно, из аспекта сезонного рассоления в течение зимы и весны и аспекта сезонного засоления в конце весны, летом и осенью. Чем глубже грунтовые воды, чем сильнее обычное сезонное рассоление, тем постепеннее, медленнее будет увеличиваться в конце весны и летом содержание солей в пахотном горизонте почвы. Чем ближе грунтовые воды, чем слабее была выражена степень сезонного рассоления, тем резче будет выражен возврат солей в пахотный горизонт. Чем в большей степени весной и летом почва будет терять влагу на испарение, чем бесструктурнее и плотнее будет ее сложение, тем, в свою очередь, быстрее и больше будут нарастать концентрации солей в почвенных растворах.

Поэтому цель всех подготовительных осенне-зимних работ на засоленных почвах (промывки, профилактические поливы, араты) и работ весенних (перепашка, боронование для разрыхления поверхности почвы и уменьшения поверхностного испарения) должна быть направлена в сторону усиления степени сезонного рассоления и максимального задержания процесса сезонного засоления почвы в конце весны и летом для того, чтобы обеспечить возможность постепенного «привыкания» развивающихся растений к нарастающему количеству и концентрации солей. В этом же направлении будут действовать и более ранние сроки посевов сельскохозяйственных культур, позволяющие начальным фазам вегетации растений проходить в менее засоленной среде.

Борьба агротехники на засоленных почвах за уменьшение испарения и бесполезных трат почвенной влаги (своевременные прорывки, своевременное кетменевание и культивация), задерживая процесс сезонного засоления и обеспечивая постепенность увеличения концентрации солей, также создает возможность постепенного «привыкания» растений к повышенному содержанию солей и повышения его солеустойчивости.

Точно так же вегетационные поливы, из которых каждый в отдельности вызывает на засоленных почвах замедление процессов сезонного соленакопления, создают возможность развития растений при постепенном увеличении содержания солей, способствуя и этим путем увеличению солеустойчивости.

Таким образом, в способности культурных растений приспособляться к развитию на засоленных почвах и повышать свою солеустойчивость мы находим еще один фактор повышения урожайности растения на засоленных почвах. Необходимо только умело использовать это свойство растений и поддерживать его с помощью агротехнических мероприятий, усиливающих сезонное и поливное рассоление и задерживающих летнее и послеполивное засоление. Чем в большей степени, с помощью комплекса агротехники и поливов, мы сможем обеспечить задержку нарастания концентрации солей в почвенных растворах, тем выше будет развиваемая растением солеустойчивость, что даст ему возможность переносить большие конечные концентрации по ходу своего вегетационного периода.

ЧАСТЬ ШЕСТАЯ

КРАТКИЙ ОБЗОР МЕРОПРИЯТИЙ ПО БОРЬБЕ С ЗАСОЛЕНИЕМ ПОЧВ ПРИ ОРОШЕНИИ

Введение

В предшествующих частях настоящей работы показаны сложность и многообразие процессов засоления почв и грунтовых вод. Показано также, что неправильно объяснять процессы засоления орошаемых и неорошаемых почв различных частей Советского Союза одними и теми же причинами и искать универсальные методы борьбы с засолением. Между тем случаи подобного подхода к этой сложной проблеме иногда имеются. Возникают очень острые и малообоснованные разногласия по вопросам «неизбежности засоления» почв при орошении, по вопросам ведущего значения в борьбе с засолением почв мероприятий эксплоатационного, агротехнического или гидротехнического характера. Иногда факты и представления, связанные с одним комплексом природных и хозяйственных условий и с соответствующим им проявлением процессов засоления почв, механически переносятся на совершенно другие условия, несмотря на то, что это заведомо недопустимо

Без понимания водно-солевого режима и суммарного направления солевого баланса ландшафта или орошаемого оазиса, без знания специфических особенностей почв трудно найти ведущее звено в комплексе профилактических и мелиоративных мероприятий и управлять процессами засоления.

В ряде ландшафтов процессы засоления почв совершенно независимо от хозяйственной деятельности человека, в частности от ирригации, будут сопровождать хозяйственную деятельность человека; эти процессы необходимо сознательно преодолевать всем комплексом доступных мелиоративных, агротехнических и эксплоатационных мероприятий с целью коренного изменения водно-солевого баланса территории. К ландшафтам этого типа относятся современные приморские дельты рек, периферии континентальных сухих дельт и конусов выноса бессточных рек, нижние речные террасы аллювиальных равнин в среднем течении рек.

Естественно, что широкое и устойчивое хозяйственное освоение и использование этих территорий для орошения, а также ликвидация процессов засоления возможны лишь на фоне снижения уровня и отвода

грунтовых вод глубокой коллекторной сетью и, где нужно, дренажными устройствами.

Но совершенно неверно будет ставить вопрос о «неизбежности засоления почв» при орошении территорий, расположенных на верхних речных террасах древних аллювиальных равнин, на нижних террасах равнин верхнего течения рек. В еще меньшей степени имеются основания говорить о «неизбежности засоления» в орошаемых оазисах, расположенных на предгорных равнинах. Орошаемое земледелие здесь с полным основанием может вестись на бездренажном фоне, а рациональное водопользование, севооборот и агротехника могут в полной мере гарантировать предотвращение засоления и легкость его ликвидации в случае возникновения.

Поэтому в каждом отдельном случае, ставится ли вопрос о новом освоении территории или о борьбе с засолением и заболачиванием в староорошаемом оазисе, необходимо определить природу той территории, с которой предстоит иметь дело, оценить тенденции процессов миграции солей, направление и знак суммарного солевого баланса и в соответствии с этим установить ведущие звенья в системе мелиоративных и профилактических мероприятий.

В природных и производственных условиях процессы засоления и заболачивания почв протекают в тесной зависимости от комплекса факторов, в числе которых решающую роль играют климат, рельеф, грунтовые и наземные воды, растительность, а также состояние ирригационной сети, уровень ее эксплоатации, техника и режим орошения, уровень агротехники и т. д.

Соответственно мероприятия, направленные на профилактику засоления и на борьбу с ним, должны носить также комплексный характер, охватывающий доступные в практике хозяйственной деятельности человека приемы воздействия на почву, климат, грунтовые и наземные воды, рельеф и т. д.

Поскольку, однако, в каждом конкретном случае процессы засоления почв, определяясь комплексом, вместе с тем обязаны какой-либо решающей основной причине, постольку система мероприятий по борьбе с засолением должна иметь также ведущее звено, направленное на устранение основной причины засоления. Лишь при подобном соотношении между комплексом мероприятий и осуществлением основного и важнейшего (ведущего) из них борьба с засолением может увенчаться устойчивым успехом.

Ряд крупнейших научных учреждений Советского Союза, работающих над разрешением проблем орошаемого земледелия, неоднократно формулировал мероприятия по предупреждению и борьбе с засолением и заболачиванием почв при орошении как для отдельных ирригационных систем, так и для орошаемого земледелия Союза в целом.

В этой связи следует отметить решения пленумов Всесоюзной Академии сельскохозяйственных наук им. Ленина (1936, 1939 гг.), решения Всесоюзной конференции Академии Наук СССР, докладные записки,

излагающие мероприятия по борьбе с засолением, разработанные Всесоюзным институтом гидротехники и мелиорации (ВНИГИМ), Всесоюзным научно-исследовательским хлопковым институтом (СоюзНИХИ), Среднеазиатским институтом ирригации (САНИИРИ), Почвенным институтом Академии Наук СССР им. Докучаева, Закавказским институтом водного хозяйства (ЗакНИВХ), Азербайджанским хлопковым институтом (АзНИХИ) и др.

В настоящей главе автор ставит своей задачей, опираясь на материалы своих исследований, а также исходя из материалов упомянутых выше учреждений, изложить в кратком виде важнейшие почвенно-мелиоративные мероприятия по борьбе с засолением почв при орошении.

Принято различать мероприятия общеоазисного или общесистемного назначения, задачей которых является воздействие на наиболее общие причины, вызывающие опасность засоления, и мероприятия внутрихозяйственные, задачей которых является воздействовать на частные причины, способствующие засолению почв в рамках отдельных хозяйств и их частей (А. Н. Костяков).

Далее, в ряду мероприятий общеоазисного и внутрихозяйственного характера обычно различают мероприятия эксплоатационные, агротехнические и гидротехнические.

Глава I

ОБЩЕОАЗИСНЫЕ (ОБЩЕСИСТЕМНЫЕ) МЕРОПРИЯТИЯ

В составе общеоазисных мероприятий по предупреждению и борьбе с засолением различаются следующие:

1. Мероприятия организационные.
2. Мероприятия по регулированию и улучшению водного баланса оазиса (системы).
3. Мероприятия по регулированию и улучшению солевого баланса оазиса (системы).
4. Мероприятия по ликвидации сбросных озер и болот.

Хотя каждое из этих важнейших общеоазисных мероприятий характеризуется отдельно, наиболее устойчивый эффект от них будет лишь в случае совместного их осуществления в оазисе (системе).

Стоимость и легкость осуществления этих мероприятий, а также скорость проявления ожидаемого от них эффекта будут резко отличными. В реальной практической обстановке приходится во многих случаях начинать с мероприятий наиболее дешевых и наиболее быстро дающих положительный результат.

1. Организационные мероприятия

Не рассматривая всего обширного списка общеоазисных организационных мероприятий, которые в местной природной и хозяйственной обстановке могут приобретать всякий раз специфический характер, мы в последующем рассмотрим лишь те организационные мероприятия, которые имеют значение для каждого крупного обособленного оазиса (системы).

а) Перспективный (генеральный) план развития хозяйства в оазисе

Для каждого древнего орошаемого оазиса, подобного долине реки Вахш или низовьям Аму-Дарьи, а также для каждой территории широкого нового орошения типа Голодной Степи, необходимо иметь перспективный (генеральный) план постепенного развития в нем орошаемого

земледелия, проведения мелиоративных мероприятий и последовательности освоения новых либо пустующих территорий.

Часто генеральный план подобного типа отсутствует, хотя почти для каждого крупного ирригационного района или его отдельных частей имеются проекты различной степени разработанности. При отсутствии генерального плана, как это, например, имеет место в некоторых оазисах Средней Азии, происходят нарушения целесообразной последовательности освоения районов, проведения строительства новых каналов, коллекторов, дренажной сети и т. д.

В генеральном плане должны предусматриваться также такие вопросы, как тип и общий порядок введения севооборотов, установление коэффициента земельного использования и порядка его изменений в будущем, водоснабжение и дорожное строительство.

б) Количественный и качественный учет состояния почв оазиса

Учет земельного фонда орошаемого оазиса (системы) является одним из важнейших организационных мероприятий, позволяющих своевременно следить за изменением площади освоенных территорий, состоянием засоленных и заболоченных почв, эффективностью мелиоративных мероприятий.

Количественный и качественный учет земельного фонда орошаемых земель в настоящий период нуждается в коренном улучшении. Многие орошаемые оазисы не имеют сводных почвенных карт, охватывающих всю территорию оазиса. Большинство хозяйств орошаемой зоны не имеет почвенных карт, исключая устарелые агрохимические карты территорий ряда МТС. Между тем для систематического наблюдения за состоянием оазиса и для планирования мероприятий по освоению и мелиорации земель необходимо иметь для оазиса (системы) в целом сводную почвенную карту масштаба 1 : 50 000 или 1 : 100 000 с нанесением на ней характера подстилающих пород, типов почв, степени и химизма засоленности, глубины уровня грунтовых вод. Данные почвенной общеоазисной карты должны регулярно (не реже 1 раза в 3—4 года) корректироваться по новым материалам.

Для этой цели необходимо проводить систематический качественный учет почв орошаемых территорий в конце вегетационного периода хотя бы простым обмером и глазомерной съемкой, с разбивкой почв на три степени по засоленности и заболоченности. Результаты качественного учета земельных фондов орошенных территорий оазиса должны сводиться в районном, системном и оазисном масштабах, для того чтобы к началу каждого нового вегетационного периода иметь достоверные данные о динамике процесса засоления и заболачивания в оазисе (системе). Учет земельных фондов в хозяйствах и районах должен проводиться на картах масштаба 1 : 10 000 или 1 : 25 000. При МТС должны быть организованы почвенно-мелиоративные лаборатории, выполняющие анализ почв и грунтовых вод на содержание солей.

в) Наблюдения за грунтовыми водами

Глубина залегания и минерализация грунтовых вод являются одним из важнейших показателей мелиоративного состояния ирригационного оазиса (системы). Поэтому в пределах каждого оазиса должна быть заложена сеть постоянных наблюдательных колодцев (скважин), расположенных по определенным поперечникам (створам) через главнейшие ирригационные каналы, коллекторы и земельные массивы, с охватом вместе с тем наиболее типичных элементов рельефа.

Общеоазисная сеть наблюдательных колодцев должна быть увязана с сетью внутрихозяйственных наблюдательных колодцев.

В сети внутриоазисных наблюдательных скважин необходимо регулярно проводить промеры глубины залегания уровня грунтовых вод (не реже 6—8 раз в год). По некоторым, наиболее важным территориям оазиса необходимо определять в воде содержание легкорастворимых солей. Данные о глубинах и степени засоления грунтовых вод должны обрабатываться в масштабе всего оазиса (системы), для того чтобы иметь достоверные сводные материалы в виде карт, графиков и профилей, характеризующих динамику уровня и минерализацию грунтовых вод оазиса.

г) Организация труда и территории

Засоленные почвы для получения на них высоких и устойчивых урожаев требуют значительно больших затрат труда, чем почвы незасоленные. Районы и хозяйства, имеющие более засоленные почвы, должны иметь меньшую нагрузку на одного трудоспособного, чем соответственно в районах незасоленных почв. Поэтому в планах размещения новых населенных пунктов и колхозов, а также в посевных планах необходимо предусматривать различные показатели нагрузки земельной площади на каждого трудоспособного работника.

Освоение засоленных почв требует больших вложений средств и труда. Поэтому должны быть найдены формы материального поощрения районов, колхозов и колхозников за успешное, устойчивое освоение засоленных земель.

Столь же необходимо предусматривать порядок введения севооборотов в районах, имеющих засоленные почвы. Массивы наиболее засоленных почв должны в течение переходного периода иметь более быстрое возвращение люцерны и сокращенное пребывание таких культур, как хлопчатник. В них больший удельный вес должны занимать солеустойчивые культуры (свекла и др.).

д) Плановое водопользование

Зная характер почвенного покрова оазиса, площади засоленных и заболоченных почв в различных его частях, имея данные о глубинах и минерализации грунтовых вод, учитывая тип севооборота и площади

культур, органы водного хозяйства должны, исходя из плановой урожайности установить общеоазисные нормы и лимиты воды и обеспечить составление общесистемных планов водопользования и вододеления между районами и хозяйствами. В плане водопользования должны быть учтены мероприятия эксплоатационного и гидротехнического характера.

В практике работы ирригационных систем имеют место случаи не только нарушения, но и широкого произвольного отступления от разрабатываемых планов водопользования. Поэтому важнейшей организационной задачей в борьбе с засолением почв является осуществление в действительности намечаемых планов водопользования.

е) Кадры

Орошаемое земледелие требует квалифицированных кадров во всех звеньях, начиная от сотрудников областных земельных и водохозяйственных органов и кончая поливальщиками в совхозах и колхозах. Должна быть постоянная забота о подготовке кадров ирригаторов и мелиораторов, знакомых с современными воззрениями на причины и динамику процессов засоления почв и владеющих передовой техникой освоения и орошения почв. То же самое относится и к младшему вспомогательному персоналу, работающему в управлениях ирригационных систем, а также к руководящим работникам колхозов. Чтобы обеспечить необходимый уровень квалификации кадров, должны регулярно проводиться общереспубликанские, областные и районные курсы повышения квалификации, охватывающие как высшие, так и низшие звенья работников орошаемого земледелия. Проблема борьбы с засолением почв должна найти особое место при чтении курсов почвоведения и мелиорации в сельскохозяйственных и мелиоративных институтах и на соответствующих факультетах университетов.

2. Регулирование и улучшение водного баланса оазиса (системы)

Общее мелиоративное состояние ирригационной системы и оазиса в целом определяется характером суммарного водного баланса и, в особенности, соотношением расхода грунтовых вод на испарение, транспирацию и подземный сток. Солевой режим почв и территорий также управляется их водным балансом.

Как показано выше, некоторые ландшафты на определенной стадии своего развития, характеризуясь водным балансом, регулируемым процессами транспирации и испарения вод, проходят стадию засоления грунтовых вод, грунтов и почв (приморские и сухие дельты рек, нижние террасы аллювиальных равнин). В других ландшафтах стадийное соленакопление является уже прошлым этапом их развития, либо же по условиям строения местности невозможно вообще (верхние террасы аллювиальных равнин, предгорные равнины). Невозможность процессов

засоления и господство процессов рассоления в этих случаях являются следствием свойственного данным ландшафтам типа водного баланса, управляемого в основном факторами подземного стока.

Орошение меняет водный баланс территории, поскольку приходные статьи подвергаются исключительно резкому увеличению. Расходные же статьи водного баланса орошенной территории изменяются сравнительно в небольшой степени.

Все это, как показано выше, в конечном счете приводит к декомпенсации водного баланса, накоплению грунтовых вод, повышению их уровня и, как следствие, в одних случаях — к усилению естественного соленакопления, а в других — к развитию чисто вторичного засоления.

Задачей гидротехники и мелиорации является: по возможности, сохранить существовавший до орошения тип водного баланса территории с целью не допустить подъема уровня грунтовых вод, либо уменьшить его высоту и этим ослабить опасность засоления, либо, наконец, изменить ранее существовавший естественный неблагоприятный водный баланс.

В староорошаемых оазисах задача заключается в улучшении водного баланса всего оазиса, с тем чтобы снизить уровень грунтовых вод, на основе чего возможно добиться оздоровления оазиса, ослабления и ликвидации процессов засоления.

Регулирование и улучшение водного баланса оазиса (системы) может быть достигнуто как мерами эксплоатационного характера, так и мерами коренной мелиорации.

А. УМЕНЬШЕНИЕ ПИТАНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД

Избыточное питание грунтовых вод в орошаемом оазисе обязано ряду факторов. В числе их важнейшими являются фильтрация воды в ирригационной сети, фильтрация при поливах, сброс избыточных оросительных вод во внутриоазисные понижения рельефа, поступления с паводками, а также боковым притоком и т. д.

Здесь мы рассмотрим лишь те важнейшие факторы питания грунтовых вод, которые могут регулироваться комплексом мероприятий общеоазисного (общесистемного) характера.

Особо рассмотрены мероприятия по уменьшению питания грунтовых вод в рамках отдельных хозяйств.

а) Плановое водопользование в ирригационных системах

Для того, чтобы устанавливаемые лимиты суммарного головного водозабора оказались реально применимыми, необходимо по каждому оазису и ирригационной системе уточнить оросительные и поливные нормы, обеспечивающие регулирование солевого режима и получение высоких устойчивых урожаев и, вместе с тем, не допускающие подъема уровня грунтовых вод.

Столь же необходимо проработать вопрос о размещении сельскохозяйственных культур в пределах системы, в особенности плантаций риса, так, чтобы сосредоточить их крупными массивами на таких частях оазиса, в которых специфический гидромодуль риса не будет вызывать заболачивание и подтопление прилегающих территорий (нижние террасы, поймы рек, зоны выклинивания и др.).

Подлежат также уточнению районы, сроки и нормы применения запасных и профилактических поливов в пределах оазисов и систем для того, чтобы ограничить их действительно необходимыми случаями регулирования солевого режима.

Наконец, для невегетационного периода должны быть установлены сроки закрытия сети магистральных ирригационных каналов, с тем, однако, чтобы не мешать проведению профилактических промывок. Это мероприятие позволит на несколько месяцев прекратить фильтрацию воды из сети ирригационных каналов и таким образом уменьшить питание грунтовых вод и снизить их уровень.

Водоснабжение населения и потребности местной промышленности должны в максимально возможной степени обеспечиваться постройкой сети колодцев.

На основе уточненных норм и режимов орошения, учета площадей и состава сельскохозяйственных культур по районам, а также свойств почвы, близости и минерализации грунтовых вод должны ежегодно составляться общесистемные годовые планы водопользования, утверждаемые в министерствах водного хозяйства республик.

Задачей органов водного хозяйства и, в особенности, управлений ирригационных систем является жесткое выполнение в течение всего года планов водопользования и распределения воды между районами и хозяйствами в строгом соответствии с установленными лимитами, нормами, сроками.

Опыт голодностепской ирригационной системы, добившейся в 1934—1938 гг. систематического снижения суммарного головного водозабора, точного выполнения планов водопользования и экономного применения воды при поливах и промывках, свидетельствует о том, что этими мероприятиями возможно значительно снизить уровень грунтовых вод (на 1—2 м) и ослабить процессы засоления почв.

б) Уменьшение суммарного водозабора в головах магистральных каналов систем

В большинстве орошаемых оазисов Союза ССР суммарный среднегодовой водозабор в головах ирригационных систем значительно превышает действительную потребность растений в воде и выражается величинами 15 000—20 000—25 000 м³/га. Между тем, по данным СоюзНИХИ, для получения высокого урожая хлопчатника, порядка 40—50 ц/га, при высокой агротехнике в вегетационный период требуется воды нетто (оросительная норма) на почвах, имеющих глубокие грунтовые воды, 5000—6500 м³/га, на почвах, имеющих близкие и неза-

соленые грунтовые воды, 4000—4500 м³/га и на заболоченных почвах 2500—3000 м³/га.

Если учесть при этом потерю части ирригационной воды на фильтрацию по пути к орошаемому полю, то в большинстве случаев было бы достаточно за вегетационный период израсходовать в среднем для всех культур всего лишь около 8000 м³/га брутто, а в невегетационный период (на профилактические поливы и промывки) не более 3000—4000 м³/га.

Таким образом, суммарный водозабор в большинстве ирригационных систем Средней Азии не должен быть выше 10 000—12 000 м³/га брутто, включая как летний, так и зимний периоды. Фактический избыточный водозабор в головах ирригационных систем приводит к тому, что нормированное водопользование не осуществляется, оросительная вода не бережется, число поливов бывает недопустимо большим, поливами иногда подменяются очередные работы по мотыжению и культивации почвы, а избыточно забираемые воды сбрасываются в пустующие внутриоазисные депрессии и т. д.

В невегетационный период вода бесконтрольно расходуется на широкое применение промывок и запасных поливов, водоснабжение и т. д. По наблюдениям Г. Н. Виноградова, неурегулированность невегетационного водопользования способствует особенно сильно питанию грунтовых вод. Непомерно высокие суммарные водозаборы приводят в конечном счете к огромным поступлениям избыточных вод в грунтовые воды, увеличивая запас последних и повышая их уровень.

Поэтому одним из эффективных и вместе с тем наиболее доступных мероприятий по уменьшению питания грунтовых вод и упорядочению водопользования в общеоазисном масштабе является жесткое ограничение суммарного головного водозабора с доведением его до величины в среднем не выше 10 000—12 000 м³/га. Для тех же районов внутри оазиса, которые имеют неглубокие и пресные грунтовые воды, суммарный водозабор брутто может быть снижен до величин не более 4000—6000 м³/га.

Установление определенных лимитов суммарного головного водозабора, выше которых системы не имеют права забирать воду, несмотря на соответствующие возможности по условиям горизонтов в реках, позволит осуществить ряд важных мероприятий по уменьшению питания грунтовых вод.

в) Борьба с фильтрацией в основной ирригационной сети

Наибольших размеров фильтрация воды в ирригационной сети достигает на вновь построенных и капитально расширенных магистральных каналах, проходящих в лессовых или галечниковых грунтах. В лёссовых грунтах такие простейшие приемы, как предварительная замочка канала, замазка и трамбовка во влажном состоянии с последующим заилением могут в сильной степени снизить размеры первоначальной филь-

трации воды в каналах. Между тем в громадном большинстве случаев эти простейшие мероприятия не производятся. Кроме того, на всех вновь построенных и капитально расчищенных каналах в течение длительного времени необходимо пропускать лишь мутные воды с целью кольматации дна и стенок канала. Этим путем можно добиться по истечении 1—2 лет уменьшения фильтрации в два-три раза против первоначальной. Иногда в этих случаях следует итти на искусственное взмучивание воды перед поступлением ее в каналы. Осветленная вода, проходя по каналам, может усилить выщелачивание воднорастворимых веществ из ложа канала и привести к увеличению фильтрации.

Большое значение имеет правильная очистка каналов от попадающих в них наносов и от зарослей болотных растений. Накопление наносов, появление водорослей и тростников, изменяя сечение канала и повышая коэффициент трения, уменьшают скорость движения воды и тем самым увеличивают потерю воды на фильтрацию. Необходимо путем регулярной очистки и уничтожения растительности поддерживать первоначальное проектное сечение и уклоны каналов. Очистку каналов необходимо проводить таким образом, чтобы не уничтожать закольматированный в предшествующий период слой и этим не вызвать вновь увеличения фильтрации.

Устойчивого и значительного снижения фильтрации в ирригационной сети можно добиться применением простейших одежд. Этот вопрос излагается в специальных руководствах. Здесь мы упомянем лишь наиболее простые и дешевые: нефтевание, солонцевание, грунтовые экраны.

Для проведения нефтевания стенки и дно канала очищаются от растительных остатков, перекапываются и разрыхляются на глубину 8—10 см. После просушивания поверхности до влажности 10—15% разрыхленная поверхность дна и стенок канала поливается из лейки нефтью, разогретой до 140—150°, из расчета 10—12 л/м². Занефтеванные пространства засыпаются сухой почвой и трамбуются. Желательно для этого применять катки. Стоимость этого мероприятия очень невысока, фильтрация же воды в каналах уменьшается в 2—4 раза, причем продолжительность действия при тщательном нефтевании — 4—5 лет (УкрНИГИМ).

Большую известность в последний период приобретает поверхностное солонцевание каналов, предложенное и разработанное А. Н. Соколовским и Л. П. Розовым. Поверхностное солонцевание может дать наилучший эффект на малокарбонатных, суглинистых и глинистых, малогипсовых, еще лучше — безгипсовых грунтах.

Техника проведения работ заключается в следующем. Ложе канала предварительно очищается, перекапывается и разрыхляется на глубину до 8—10 см. Раствор хлористого натрия из расчета 2—3 кг на 1 м² поверхности (1—2 кг соли на ведро воды), предварительно заготовленный, выливается через лейку на разрыхленную поверхность ложа канала. После подсыхания поверхность канала трамбуют (лучше с примене-

нием катка), подсыпая сверху измельченную сухую почву. Стоимость поверхностного солонцевания также невелика (50—60 коп. на 1 м² до войны), продолжительность действия — 4—5 лет, при очень сильном уменьшении фильтрации.

В районах южной Украины солонцеванием было достигнуто полное прекращение потери воды из каналов на фильтрацию. В Средней Азии солонцевание осложняется высокой карбонатностью, гипсоносностью и пылеватостью грунтов. Поэтому нужно предварительное изучение грунтов трассы каналов. Но и в этих условиях Крупским достигнут весьма хороший результат (1943).

В последние годы Качинским Н. А. предложен метод гидроизоляции каналов с помощью многослойных глиняных экранов (1945). По дешевизне и эффективности этот метод заслуживает самого широкого испытания в производственных условиях. То же следует сказать об однослойных (5—7 см) суглинистых экранах, испытанных С. Л. Миркиным для сильнофильтрующих песков (1946).

Наконец, дешевым и эффективным способом гидроизоляции является предложенный и испытанный А. С. Коржуевым на водохранилищах метод тонкослоистых битумных экранов, наносимых битумной эмульсией.

Наибольший многолетний и устойчивый эффект в борьбе с фильтрацией в ирригационной сети может дать облицовка каналов, хотя бы на наиболее ответственных участках трассы, битумом, асфальтом, цементом. Однако стоимость этих способов значительно больше, чем охарактеризованных выше.

г) Армирование сети и сокращение протяженности каналов

Орошенные оазисы, имеющие древнюю ирригационную сеть неинженерного типа, во многих случаях характеризуются многоголовьем водозабора, приспособленного к меняющемуся уровню питающих рек, имеют параллельные извивающиеся магистральные каналы, многоголовье распределителей первого и второго порядка. Многие ирригационные каналы неинженерного типа не ошлюзованы, не обеспечены гидрометрическими постами и т. д.

Все это в совокупности приводит к тому, что через ирригационную сеть неинженерного типа автоматически проходит избыточное количество воды, не используемой для орошения и идущей на заполнение внутриоазисных сбросных озер и болот. Неармированность ирригационной сети, отсутствие гидрометрических постов не позволяют организовать нормированный водоотпуск и контроль подачи воды. В результате ирригационная сеть неинженерного типа питает грунтовые воды оазиса в значительно большей степени, чем рационально построенная сеть инженерного типа.

Отсюда вытекают некоторые из важнейших мероприятий, позволяющие уменьшить питание и снизить уровень грунтовых вод оазиса: устранение множественности точек водозабора, объединение питания,

сокращение излишней сети и протяженности каналов, армирование ирригационной сети.

д) Борьба с паводками

В орошенных оазисах, расположенных в дельтах и на нижних террасах рек, а также на континентальных сухих дельтах, т. е. оазисах, подобных Хорезму, Кура-Араксинской низменности, Бухарскому и т. д., огромное значение в питании грунтовых вод имеют паводковые воды, катастрофически врывающиеся иногда на освоенные территории. Поэтому в подобных оазисах одним из первоочередных мероприятий, направленных на снижение уровня грунтовых вод, должно быть наблюдение за безупречным состоянием сети заградительных дамб и обвалований, удерживающих воды паводков.

В тех же случаях, когда паводковые воды вообще нельзя допускать в низовья реки и орошенный оазис (Бухарский и Каракульский оазисы), последний должен быть обеспечен сетью катастрофических сбросов, позволяющих быстро отвести паводковые воды за пределы оазиса.

в. Увеличение использования грунтовых вод сельскохозяйственными растениями

Непосредственной причиной засоления почв является испарение почвенно-грунтовых вод в верхних горизонтах и на поверхности почвы. Поэтому те общеоазисные мероприятия, которые позволят направить расход грунтовых вод не на испарение их через почву, а на использование сельскохозяйственными растениями, т. е. на транспирацию, в конечном счете приведут к уменьшению доли расхода их на испарение и к ослаблению процессов засоления.

а) Увеличение коэффициента земельного использования

Чем выше коэффициент земельного использования орошаемой территории, тем, при рациональном водопользовании, бóльшая доля грунтовых вод расходуется на транспирационную деятельность растений, а доля расхода на испарение через почву уменьшается. Пустующие внутриоазисные территории обычно являются местными испарителями грунтовых вод и аккумуляторами легкорастворимых солей, приходящих с орошенных участков. Соответственно пустующие внутриоазисные массивы при близких грунтовых водах подвержены интенсивным процессам засоления почв.

При освоении внутриоазисных пустующих земель и занятии их густым покровом растений расход грунтовых вод на испарение в значительной степени уменьшается. Тем самым ослабляются и процессы засоления почв этих ранее пустовавших участков. Однако при застойных близких грунтовых водах внутриоазисные пустующие перелоги играют весьма ответственную роль «сухого дренажа», заменяя испарением грунтовых вод их подземный сток.

Увеличивая коэффициент земельного использования и вводя дополнительные количества воды без одновременного коренного улучшения водопользования, мы рискуем, прекратив расход грунтовых вод на испарение на пустующих внутриоазисных массивах, вызвать общий для всего оазиса подъем грунтовых вод и усиление процессов заболачивания.

Поэтому изменение коэффициента земельного использования в староорошаемых оазисах должно производиться исключительно осторожно, с таким расчетом, чтобы осваиваемые внутриоазисные пустыри-испарители действительно были закультивированы покровом сельскохозяйственных растений, могущих обеспечить расход грунтовых вод на транспирацию в не меньших размерах, чем было испарение их на перелогах. Это возможно лишь при одновременном широком введении правильных севооборотов с высоким процентом площадей под травами. На засоленных же почвах при этом предварительно потребуется проведение промывок и организация оттока грунтовых вод для обеспечения всходов и нормальной густоты растений на полях.

Таким образом, при высоком уровне эксплоатации ирригационной системы, экономных и тщательных поливах, введении травопольных севооборотов, коэффициент земельного использования несомненно может быть значительно повышен. В настоящих условиях внутриоазисные пустыри и низкие коэффициенты земельного использования являются в значительной степени данью недостаткам эксплоатации и неэкономному использованию воды при поливах.

б) Использование грунтовых вод для полива

Значительного успеха в снижении уровня грунтовых вод можно добиться путем расширения практики использования грунтовых вод для орошения. Наиболее целесообразно это делать на участках выклинивания пресных и маломинерализованных грунтовых вод по периферии подгорных равнин и на сухих дельтах рек (Кара-су).

Близкие к поверхности и выклинивающиеся мало минерализованные грунтовые воды целесообразно каптировать мелкими дренами (1—1.5 м), направляя их в дальнейшем для полива на нижележащие территории. Особенно большую роль этот прием может сыграть в оазисах типа сухих дельт и, в частности, во многих районах Ферганской и Чуйской долин.

В тех случаях, когда минерализация верховодок не выше 0.5—0.7 г/л, будет целесообразно сооружать колодцы и откачивать грунтовые воды для орошения или промывок.

С другой стороны, необходимо при районировании оросительных норм и режимов орошения специально выделять районы с близкими (1.5—2.5 м) и маломинерализованными грунтовыми водами (не выше 8—10 г/л), намечая для этих районов уменьшенную оросительную норму и уменьшенное число поливов. В отдельных случаях на подобных участках возможно вести бесполивное (каирное) земледелие, целиком

базируя развитие растений на использовании пресных грунтовых вод (низовья Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи, некоторые районы Ферганы).

Можно также повысить использование опресненных грунтовых вод растениями путем применения разработанного опытными станциями СоюзНИХИ полива через борозду или через их группу. Этот прием пригоден, конечно, для почв, имеющих близкие грунтовые воды с минерализацией меньше 10—8 г/л, и может проводиться лишь с большой осторожностью и под наблюдением специалистов.

в) Введение севооборота и уплотнения культур

Выше установлено, что растения, в особенности травы (люцерна и др.), входящие как обязательный компонент в современные хлопковые севообороты, являются испарителями грунтовых вод, способными в течение вегетационного периода израсходовать тысячи кубометров воды с каждого гектара и снизить уровень грунтовых вод на 50—100 см. Поэтому введение правильных севооборотов является мощным фактором, регулирующим водный баланс, запасы и уровень грунтовых вод оазиса в целом.

Вековая практика орошаемого земледелия нашла в виде внутриоазисных пустующих земель-испарителей единственный реальный способ стихийного регулирования водного баланса оазисов. Социалистическое орошаемое земледелие Советского Союза должно пойти по пути повсеместного введения правильных севооборотов, с тем, чтобы травяные клинья севооборотов (люцерна, травосмеси) регулировали баланс, запасы и уровень грунтовых вод оазиса в целом.

Первый путь приводил к постепенному и все нарастающему ухудшению плодородия внутриоазисных пустующих земель-испарителей вследствие их засоления; второй путь, технически несравненно более прогрессивный, будет способствовать повышению плодородия почв, ослаблению и в ряде случаев ликвидации процессов засоления, с одновременным повышением производительности труда и зажиточности колхозов.

В этом же направлении, несомнечно, будет оказывать положительное влияние на режим и динамику грунтовых вод широкое введение в севооборот растений зимней вегетации, повторных и уплотненных культур, к чему мы дополнительно вернемся при рассмотрении комплекса внутрихозяйственных мероприятий по борьбе с засолением.

г) Древесные насаждения

Весьма важным фактором снижения уровня грунтовых вод за счет расходования их на транспирацию является широкое развитие древонасаждений в пределах орошенного оазиса. Все магистральные ирригационные каналы, распределители, отводные оросители и т. д. должны быть обсажены быстрорастущими древесными породами. То же самое

должно быть сделано вдоль дорог и, в особенности, на усадьбах совхозов и колхозов.

Сложнее обстоит вопрос с обсадкой деревьями коллекторов и дрен. Вследствие высокой минерализации дренажных и грунтовых вод, накопления солей в почвах развитие древесных насаждений вдоль дренажно-коллекторных сооружений часто не удается. Однако на крупных общеоазисных коллекторах, несомненно, возможно добиться успешного развития древесных насаждений, подбирая, конечно, более солеустойчивые формы.

Профессор В. П. Дробов рекомендует для обсадки ирригационной сети, проходящей в незасоленных или слабозасоленных почвах, как наиболее пригодные, с точки зрения хозяйственного значения и быстрого роста, следующие породы: тополь белолистный пирамидальный (Populus Bachotenii), акацию белую (Robinia pseudoacacia), ясень американский (Fraxinus pubescans), шелковицу белую (Morus alba).

Первые три породы высаживаются как на приарычных полосах, так и по дамбам крупных и мелких каналов и на усадьбах. На отводных оросителях высаживается шелковица, как штамбовая, так и кустиковая.

Кроме того, на крупной и мелкой ирригационной сети можно высаживать и другие, не менее рентабельные породы: тополь черный пирамидальный (Populus nigra), клен американский (Acer nagundo), тал (Salix) разных видов (S. alba, S. australia, S. enupiculata), гледичия (Gleditschia triacanthos), айлант (Ailanthus glandulorus), а также плодовые — яблоня, абрикос, грецкий орех, вишня, груша и др.

На почвах засоленных, с выцветами солей на поверхности и близкими солеными грунтовыми водами (приарычные полосы, коллекторы), могут высаживаться следующие породы: джида (лох — Eleagnus angustifolia), саксаул черный (Arthrophytum Haloxylon), гребенщики (Tamarix ramosissima и T. hispida).

Опыт совхоза Пахта-Арал, имеющего густую сеть насаждений на усадьбах и вдоль всей сети ирригационных каналов, свидетельствует о том, что это благотворно отзывается как на грунтовых водах, так и на уменьшении скорости движения ветра и повышении влажности воздуха.

Для оазисов, находящихся в непосредственном соседстве с песчаными пустынями и подверженных воздействию ветров, подобных гармсилям в Западной Фергане, в высшей степени желательно насаждение древесных растений сплошными массивами, заслонами, ограждающими оазис от ветров и навевания песка.

Развитие древесных насаждений в пределах оазиса (системы) является, таким образом, важнейшим мероприятием общеоазисного значения. Оно должно быть обосновано специальными изысканиями и тщательно разработанным проектом, учитывающим как задачи смягчения климата (защита от господствующих ветров и приноса песка и солей,

повышение влажности воздуха), так и, в особенности, задачи снижения уровня грунтовых вод за счет их транспирации древесными растениями.

в. снижение и отвод грунтовых вод сетью общеоазисных коллекторов

Как в настоящем, так и в течение длительного времени в дальнейшем ирригационная сеть будет являться источником питания грунтовых вод оазиса, способствуя поддержанию их на высоком уровне.

В оазисах, расположенных на сухих или на приморских дельтах, а также на различного рода впадинах мезорельефа и низких террасах с застойными и подпертыми грунтовыми водами, последние будут вообще находиться на высоком уровне, вызывая заболачивание и засоление.

Освоение внутриоазисных пустующих земель, обычно засоленных, потребует широкого применения промывок. Борьба с сезонным засолением, меры профилактики требуют и, несомненно, в будущем будут известное время требовать применения на засоленных почвах профилактических поливов и промывок с целью рассоления почв и подготовки их к вегетационному периоду.

Перечисленные обстоятельства даже на фоне высокого качества эксплоатации ирригационной системы и дисциплины водопользования будут способствовать питанию грунтовых вод и поддержанию их на высоком уровне, вызывающем засоление.

В оазисах, подверженных губительному влиянию паводков, к этому будет спорадически добавляться дополнительное питающее влияние паводковых вод, врывающихся на территорию оазиса.

Все это требует для оазисов определенного типа (периферии сухих дельт, приморские дельты, пойменные террасы рек в нижнем течении, вторично-засоленные солончаковые депрессии верхних террас рек) сооружения сети крупных, общеоазисного назначения магистральных глубоких коллекторов, задачей которых является отвод грунтовых вод, поднятых промывками и поливами, прием вод внутрихозяйственной дренажной сети с осваеваемых солончаков и изменение существующего в пределах оазиса баланса и режима грунтовых вод путем снижения их уровня и оттока.

Очевидно, аналогичную положительную роль могут в соответствующих условиях играть калифорнийские (аризонские) колодцы. Крупный производственный опыт изменения водно-солевого баланса большого орошаемого массива проектируется для Араздаянской степи (Армянская ССР).

Основные коллекторы общеоазисного значения должны обеспечить возможность ввода в них сети внутрихозяйственных коллекторов, обслуживающих дрены (зауры). В связи с такими задачами общеоазисные коллекторы должны обладать большой пропускной способностью, что возможно лишь при достаточной их ширине и глубине, не меньшей 3—4 м. В тех случаях, когда вследствие малого уклона местности само-

течный отвод дренажных вод в коллекторах невозможен, на последних сооружаются перекачечные станции. Эффективная работа внутрихозяйственных дрен и межколхозных коллекторов возможна лишь тогда, когда они будут иметь свободный бесподпорный отток в магистральные коллекторы и не будут переполняться сбросными водами.

Для возможности использования опресняющего влияния фильтрационных вод, направленных потоком в стороны от магистральных ирригационных каналов, общесистемные коллекторы необходимо размещать таким образом, чтобы они перемежались с ирригационными каналами, т. е. коллектор должен проходить по наиболее пониженным элементам мезорельефа между двумя ирригационными каналами. При подобном сочетании дренирующий эффект глубоких коллекторов возрастает до 800—1000 м в обе стороны.

В Голодной Степи примером коллектора общеоазисного значения является коллектор Шур-Узяк, проходящий по тальвегу древнерусловой Шур-Узякской депрессии между основными магистральными ирригационными каналами — так называемой Правой веткой и Кировским магистральным каналом. Однако глубина коллектора Шур-Узяк не доведена до проектной 4 м, а его устьевая часть не расчищена и зачастую подпирается. Поэтому Шур-Узякский коллектор не совсем справляется со своими функциями, подпирая дренажные воды впадающих в него второстепенных коллекторов.

В Ферганской долине общеоазисными коллекторами являются Сары-Суйский, Яз-Яванский, Багдадский коллекторы. Однако, ввиду того, что эти коллекторы не обеспечены стоком в Сыр-Дарью и открываются в бессточные районы Центральной Ферганы, они выполняют лишь частично свою функцию приема дренажных вод и отвода их с повышенной орошенной части Ферганской долины. Коренного же изменения водного баланса центральной части Ферганской долины эти коллекторы не обеспечивают. Способствуя рассолению верхних частей оазиса, они увеличивают степень и скорость засоления центральных районов Ферганы.

За последний период в орошаемых районах Советского Союза была построена скоростными методами довольно большая сеть крупных коллекторов. Так, в одной Голодной Степи общая протяженность вновь построенной коллекторной сети достигает 400 км. Однако эксплоатация общеоазисной сети коллекторов находится, как правило, на невысоком уровне. Обычно глубина коллекторов не доведена до проектной, многие из них заросли тростниками и имеют перекаты и перемычки, замедляющие отток воды. В зоне отчуждения допускаются посевы орошаемых культур, что влечет за собой оползание откосов. Во многих случаях на коллекторах, вследствие отсутствия мостов, устраиваются временные перемычки для переездов. Нередко коллекторы используются также для сброса избыточных оросительных вод, в особенности вод рисовых плантаций. Иногда же на них устраивают подпор для использования вод коллектора на орошение или для работы механизмов. Все

это очень ухудшает работу коллекторов, замедляет в них сток дренажных вод.

Общеоазисные и межсистемные коллекторы в таких случаях часто не столько снижают и отводят грунтовые воды, сколько питают их и повышают их уровень.

Для того чтобы обеспечить требуемые от общеоазисных коллекторов снижение и отвод грунтовых вод, а также бесперебойность работы дренажно-коллекторной внутрихозяйственной сети, необходимо техническое состояние коллекторной сети и ее эксплоатацию поддерживать на том же уровне, который принят для ирригационной сети. Управления ирригационными системами должны обеспечить регулярное проведение прокосов и прочистки коллекторов от зарослей камыша, водорослей, от наносов, а также надзор за состоянием мостов, переездов, полосы отчуждения (не менее 10—25 м).

Нарушители правил эксплоатации коллекторной сети, способствующие ее порче путем сброса поливной воды, подпоров, занятия поливными культурами полос отчуждения, должны привлекаться к суровой ответственности. Только при условии жесткого выполнения правил технической эксплоатации общеоазисных глубоких коллекторов и поддержания их в рабочем состоянии они смогут обеспечить улучшение водного баланса оазиса путем снижения уровня грунтовых вод и увеличения их оттока за пределы оазиса.

3. Регулирование и улучшение солевого баланса оазиса (системы)

Солевой баланс орошенного оазиса или системы определяется характером их водного баланса. Если основным регулятором водного баланса ландшафта является испарение грунтовых вод через почву и ее поверхность, то солевой баланс данного ландшафта будет характеризоваться увеличением запаса легкорастворимых солей в грунтах, почвах и грунтовых водах.

Подобный солевой баланс характерен для оазисов типа приморских и сухих дельт, для нижних террас рек в среднем и нижнем их течении.

Добиваясь с помощью общеоазисных эксплоатационных и мелиоративных мероприятий снижения уровня грунтовых вод, уменьшая этим путем их испарение и увеличивая долю их оттока, мы тем самым решаем задачу регулирования и улучшения солевого баланса территории, склонной к засолению.

Чем меньше поступает в орошенный оазис избыточных поливных вод, тем меньше в него поступает и легкорастворимых солей. Чем в большей степени ослаблено испарение грунтовых вод за счет усиления их расхода на транспирацию и вследствие снижения уровня, тем в меньшей степени легкорастворимые соли накапливаются в поверхностных корнеобитаемых горизонтах почвы. И, наконец, чем в большей степени в пределах оазиса организован отток почвенно-грунтовых вод за его

пределы, тем в большей степени возрастает вынос из оазиса легкорастворимых солей Благодаря тому, что дренажно-коллекторные воды всегда имеют повышенную концентрацию солей, даже сравнительно слабая сеть коллекторов может иметь решающее значение в солевом балансе оазиса, выводя при малых расходах большие количества солей. Примером может служить долина реки Вахш, благополучие солевого баланса которой определяется работой существующей коллекторной сети. Прогрессивное значение коллекторной сети в солевом балансе оазисов объясняется еще и тем, что дренажные воды имеют не только высокую минерализацию, но и, как правило, содержат относительно большее количество вредных солей ($NaCl$, $MgSO_4$, $MgCl_2$), чем приходящие в оазис оросительные воды и подземные воды вышележащих территорий.

Итак, проблема регулирования и улучшения солевого баланса в разрезе общеоазисных мероприятий решается теми же средствами, что и задача улучшения водного баланса данной территории.

Но могут быть специфические случаи, требующие проведения дополнительных общеоазисных мероприятий. Если содержание легкорастворимых солей в оросительных водах данной системы выше известного максимума (1—3 г/л), то орошение в бездренажных условиях быстро приводит к развитию засоления за счет накопления солей из оросительных вод. Это имеет место в таком оазисе, как Ширабад-Дарья, на Апшероне и в весьма ослабленной степени в долине реки Вахш.

Поскольку ведущей причиной засоления почв оазиса в этих случаях служит высокое содержание солей в оросительных водах, постольку снижение поливных норм и улучшение водопользования будут представлять прежде всего меру регулирования и улучшения общего солевого баланса оазиса, так как при этом сократится поступление солей на освоенную территорию. Однако рано или поздно на фоне бездренажного орошаемого земледелия применение поливной воды высокой минерализации может привести к засолению почв.

Для того, чтобы не допустить засоления почв в этих случаях, необходимо сооружение хорошо действующей дренажно-коллекторной сети, позволяющей применять периодические интенсивные поливы или промывки почв этой же водой с целью растворения накопляющихся легкорастворимых солей и выноса их за пределы почвенных горизонтов. Понятно, что при проницаемых естественно дренированных грунтах сооружения искусственных дренирующих сооружений не требуется. Промывные поливы и промывки обеспечат возможность поддерживать засоленность почвы не выше того предела, который будет соответствовать концентрации легкорастворимых солей в воде, пересчитанной на предельную влагоемкость почвы.

Таким образом, сооружение сети коллекторов и применение промывных поливов и промывок в оазисах с повышенной минерализацией оро-

сительной воды имеет своей задачей прежде всего регулировать солевой баланс, не допуская засоления выше определенного предела.

Более частное значение могут иметь случаи необходимости защиты орошенного оазиса полосными древесными насаждениями от навевания легкорастворимых солей со стороны прилегающих солончаковых пустынь.

4. Ликвидация внутриоазисных и периферических сбросных болот и озер

Избыточный водозабор в ирригационные системы, наличие сети коллекторов, открывающихся во внутриоазисные низины и депрессии, сброс избыточных вод при поливах, промывках, культуре риса, наконец вынужденный прием избыточных вод, поступающих в систему вследствие паводков (Бухара, Каракуль),— все это вместе взятое обусловливает возникновение на периферии некоторых оазисов и во внутриоазисных впадинах различного рода разливов, болот и озер.

В Голодной Степи примером этого являются известное Сардобинское озеро, в долине реки Вахш — болотно-солончаковое урочище Караланг, в Бухарском и Каракульском оазисах — аналогичные слабо выраженные, занятые болотами понижения, в частности — солончаковое озеро Казан в центре Каракульского оазиса. Эти болота и разливы являются очагами малярии, источниками питания грунтовых вод прилегающих территорий. Существование подобных болот и озер на территории оазиса или пограничной с ним резко ухудшает его общее мелиоративное и санитарное состоянне.

Поэтому в систему общеоазисных мероприятий должны обязательно войти работы по спуску болот и озер, осушке этих территорий с помощью сети мелких дрен, введенных в действующие коллекторы, и категорическое запрещение сброса избыточных вод на осушенные массивы.

Параллельно со спуском озер и болот и осушкой территорий, занятых ими, должны начинаться срочные работы по освоению, так как в условиях экстрааридного климата Средней Азии и Закавказья осушка с помощью мелкого дренажа без одновременного освоения и орошения осушенных территорий быстро влечет за собой их засоление (Сарысуйские разливы в Фергане).

Глава II

ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Комплекс внутрихозяйственных мероприятий по предупреждению и борьбе с засолением почв при орошении имеет не меньшее, а возможно, даже большее значение, чем мероприятия общеоазисного характера. В числе важнейших внутрихозяйственных мероприятий необходимо отметить следующие:

1) мероприятия организационные;
2) планировка орошаемых территорий;
3) мероприятия по регулированию и улучшению водного баланса;
4) мероприятия по регулированию солевого режима почв;
5) промывки засоленных почв;
6) рассоление солончаков с помощью культуры риса;
7) повышение солеустойчивости растений.

Каждое из этих мероприятий, взятое в отдельности, может дать свою долю положительного результата в предупреждении и борьбе с засолением. Но наибольший эффект хозяйство может получить лишь тогда, когда весь комплекс мероприятий будет планомерно из года в год и настойчиво проводиться во всех хозяйствах системы.

Мелиоративное состояние почвенного покрова каждого хозяйства определяется сочетанием природных и хозяйственных условий, свойственных территории данного хозяйства. Но в неменьшей степени мелиоративное состояние хозяйства определяется и влиянием соседних хозяйств, состоянием района и оазиса в целом. Поэтому комплекс внутрихозяйственных мероприятий может дать наибольший результат тогда, когда он будет проводиться одновременно во всех хозяйствах системы и обязательно на фоне жесткого выполнения мероприятий общеоазисного значения.

1. Внутрихозяйственные организационные мероприятия

Каждый колхоз и совхоз, расположенные в зоне орошаемого земледелия Советского Союза, представляют собой сложные хозяйственные организмы, требующие высокой технической грамотности и организационной опытности для руководства их работой и развитием. Крупное оро-

шаемое хозяйство владеет не только ценнейшим земельным фондом, но и различного рода гидротехническими сооружениями, большой и сложной сетью ирригационных каналов, сетью водосбросов и коллекторов. Сложный состав сельскохозяйственных культур в колхозах и совхозах орошаемых областей Советского Союза, охватывающий хлопчатник, свеклу, зерновые, масличные, травы и т. д., требует от руководителей большой эрудиции агрономического и ирригационно-мелиоративного характера, умения распределить трудовые и технические ресурсы колхоза и совхоза, умения составить и в последующем осуществить план полива и проведения основных сельскохозяйственных работ, поддерживая вместе с тем ирригационную сеть и мелиоративное состояние земель на необходимой высоте и добиваясь получения растущих устойчивых урожаев.

Все это говорит об исключительно большом значении организационных мероприятий в нормальной жизни крупного советского или коллективного хозяйства в орошаемом земледелии СССР.

А. УЧЕТ ЗЕМЕЛЬНЫХ ФОНДОВ ХОЗЯЙСТВА

Земельные фонды каждого советского и коллективного хозяйства являются основным его достоянием, полученным от государства. Поэтому земельный фонд хозяйства должен быть тщательно учтен по видам почв, с указанием степени их засоленности и заболоченности, близости и минерализации грунтовых вод на картах масштаба 1 : 10 000—1 : 25 000. Эти карты позволяют нанести все многообразие почвенного покрова орошаемой территории и показать с достаточной хозяйственной точностью участки засоленных почв. Имея почвенную карту масштаба 1 : 10 000, хозяйство может проектировать работы по планировкам, промывкам, размещению дрен, установлению режимов орошения, размещению удобрений и т. д.

В конце вегетационного периода в каждом хозяйстве желательно производить сплошной обмер солончаковых и заболоченных участков, а также пятен выпадов сельскохозяйственных культур, для уточнения площади засоленных и заболоченных почв, что позволит иметь достоверную картину мелиоративного состояния почв хозяйства.

Бригадирам тех полевых бригад, за которыми закреплены определенные земельные массивы хозяйства, должны передаваться выкопировки из почвенной карты с точным указанием всех деталей почвенного покрова закрепленной за ними территории. Промывки, поливы, обработка почвы и т. д. должны производиться бригадой на основе точного знания почвенного покрова закрепленного за ними участка.

Б. СЕТЬ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИН

Столь же необходима для хозяйства постоянная сеть наблюдательных скважин, охватывающая земельный участок створами, перпенди-

кулярными главным каналам и коллекторам и увязанными с сетью общеоазисных наблюдательных скважин.

Каждый бригадир, имеющий закрепленный за собой земельный участок в хозяйстве, должен знать положение уровня грунтовых вод на нем в связи с поливами, промывками, важнейшими работами и урожаем.

Кроме того, не реже 1—2 раз в месяц (а на участках промывок — через каждую пятидневку) необходимо производить общий замер глубины залегания грунтовых вод по всем скважинам хозяйства. Работа эта должна быть поручена специально обученному для этой цели работнику. Данные внутрихозяйственных замеров глубины залегания уровня грунтовых вод должны обобщаться по системе в целом.

В. ВВЕДЕНИЕ СЕВООБОРОТА И ЗАКРЕПЛЕНИЕ ПОЛЕЙ

Вследствие наличия большой площади внутриоазисных и внутрихозяйственных пустующих земель и появления новых солончаков в некоторых орошаемых оазисах еще сохранилось переложное («бродячее») земледелие. Правильные севообороты в таких оазисах отсутствуют. Избыточные оросительные и близкие к поверхности грунтовые воды преимущественно испаряются на пустующих, неосвоенных участках, что сопровождается засолением их почв. Между тем основным условием нормальной жизни орошаемого хозяйства, его мелиоративного благополучия и экономического процветания является введение правильного севооборота с достаточно высоким процентом площади, занятой травами — люцерной и др., покров которых своей транспирационной деятельностью должен уменьшить и заменить испарение грунтовых вод с поверхности почвы.

В согласии с правительственными постановлениями, в течение ближайших лет в совхозах и колхозах орошаемой зоны СССР необходимо добиться повсеместного внедрения правильных (с многолетними травами) севооборотов, закрепить в натуре и на плане поля севооборота, с тем чтобы ликвидировать этим путем пережитки «бродячего» землепользования и переложной системы земледелия.

Установление севооборота, закрепление его в натуре позволит зафиксировать объекты, подлежащие мелиорации (участки солончаков, намеченные к промывке и освоению, участки болот, подлежащие осушке, и т. д.). Мелиоративные работы, которые намечены для выполнения в хозяйстве в ближайшие годы, должны быть размещены в плане севооборота по годам, с тем чтобы иметь перспективу их проведения. В дальнейшем поля хозяйства должны быть закреплены на период полной ротации за определенными бригадами, с возложением на бригаду и бригадира ответственности за мелиоративное состояние участка и плодородия почв. За бригадой также должны быть закреплены ирригационная и дренажно-коллекторная сеть, гидротехнические сооружения и наблюдательные колодцы, расположенные на данном участке. Обязанностью бригады является поддержание всего этого в рабочем состоянии.

г. Трудовая нагрузка и материальная заинтересованность

Освоение засоленных земель и получение на них высоких урожаев требуют значительно более высоких трудовых затрат, чем на незасоленных почвах. Поэтому закрепление внутри хозяйства земель за бригадами и звеньями должно обязательно проводиться с учетом степени засоленности и заболоченности почв по данным почвенной карты и хозяйственного опыта. Звенья и бригады, получающие массив с большой площадью засоленных почв, должны получать меньшую нагрузку площади на каждого работающего, чем звенья и бригады, расположенные на незасоленных, лучших земельных угодьях хозяйства. С другой стороны, внутри хозяйства необходимо создать дополнительную материальную заинтересованность тех звеньев и бригад, которые добиваются улучшения мелиоративного состояния закрепленного за ними земельного участка, успешно осваивают засоленные пустовавшие ранее земли и добиваются высоких урожаев на них.

2. Планировка поверхности орошаемых почв

Микрорельеф на орошаемых полях играет большую отрицательную роль, способствуя переувлажнению понижений, недополивам и пересушке повышений с накоплением на них солей, а также затрудняя введение бороздкового способа полива и промывок малыми нормами воды.

Отрицательное значение микрорельефа при орошении, особенно в районах с засоленными почвами, давно уже подмечено практиками орошаемого земледелия. В лучших частях староорошаемых оазисов Узбекистана (Хорезм, Фергана, Бухара) можно найти орошаемые массивы с идеально выравненными спланированными поверхностями, в полной мере приспособленными для высокой техники полива и поддержания полей в хорошем мелиоративном состоянии.

Планировке поверхности орошаемых полей необходимо отдать одно из важнейших мест в комплексе мероприятий по профилактике и борьбе с засолением. Сложность и трудоемкость работ по планировкам окупаются повышением плодородия и мелиоративного состояния почв.

Вопросы планировки орошаемых почв детально разработаны в СССР опытными станциями СоюзНИХИ (Золотоордынской, в Федченко) и АзНИХИ (Муганская опытная станция), а также освещены в ряде специальных работ А. П. Вавилова, С М. Кривовяза, А. А. Шошина, В. В. Зайцева, В. М. Стец и А. Д. Чурляева. В основу последующего изложения положен материал этих исследований.

Различаются два вида планировок: по уклону и горизонтальная. В большинстве хозяйств, особенно в районах с засоленными почвами, целесообразно проводить планировку, близкую к горизонтальной, как в наибольшей степени обеспечивающую возможность регулирования и улучшения солевого режима почвы.

На основании опыта Мугани А. А. Шошин считает, что при плани-

ровках, в целях максимального сокращения объема земляных работ, целесообразно сохранить естественный уклон местности, стремясь свести до минимума мощность срезанных горизонтов на повышениях и глубину насыпаемого грунта на понижениях.

Тяжелые солонцеватые почвы Муганской степи в случае засыпки их срезанным солончаковым грунтом на толщину более 15 см в последующем отличаются «остаточной засоленностью», сохраняющейся, несмотря на промывки, в течение нескольких лет и вызывающей выпады растений. Поэтому А. А. Шошин считает хозяйственно более целесообразным растянуть планировочные работы при сложном рельефе на несколько лет это даст возможность срезку, перераспределение и насыпку грунтов производить рассоленным материалом, чтобы не вызвать ухудшения состояния незасоленных ранее мест. При проведении планировок по уклону необходимо учитывать опасность размыва склона и неравномерность увлажнения почвы водой при струях различного расхода. САНИИРИ рекомендует пользоваться при этом следующими данными (табл. 1).

Таблица 1

Предельные размеры бороздкового тока в зависимости от уклона

Q л/сек	*i*	Q л/сек	*i*
0.05	0.063	0.60	0.0250
0.10	0.045	0 80	0.0040
0.15	0.038	1.00	0.0030
0.20	0.033	1.30	0.0020
0.25	0.017	1.50	0.0018
0.30	0.012	1.80	0.0014
0.40	0.008	2.00	0.0012
0.50	0.006	2.50	0.0010
		3.00	0.0008

Q = расход воды одной борозды в л/сек.
i — уклон местности

Работы по планировке полей необходимо проводить в тесной связи с работами по реконструкции поливных карт и оросительной сети. В тех случаях, когда планировка производится на полях, имеющих единичные и слабовыраженные элементы микрорельефа, срезка бугров и засыпка повышений может проводиться на-глаз. При проведении же планировочных работ на полях со сложным и выраженным микрорельефом необходима предварительная нивелировка поля, составление тщательного рабочего плана с разбивкой территории в натуре на карты и палы, в которых будет итти работа, и с тщательным уточнением последовательности хода всех рабочих операций.

При планировке первичных бугров и понижений возможно пользоваться методом П. П. Архангельского, предложившего использованный в практике совхоза Пахта-Арал способ кулисной планировки. В этих случаях, с целью сохранения плодородия пахотного слоя, микроповышение подвергается срезке и выемке отдельными полосами (кулисами); вынимаемый из них пахотный слой (не глубже 5—7 см) перемещается на понижения микрорельефа, а оставшиеся несрезанные полосы разравниваются для замещения вынутого грунта.

При сложном микрорельефе и большой разнице в высотах между отрицательными и положительными элементами его планировка производится сплошной срезкой повышения, с перемещением грунта на пониженные элементы. Ввиду резкого снижения плодородия на срезанных участках последние обильно удобряются навозом или жмыхом.

В основу плана проведения планировок при освоении солончаковых перелогов должен быть положен выбор территорий будущих карт обработки, намечаемых к планировке. Рельеф и ирригационная сеть учитываются по картам масштаба 1 : 10 000. Карты обработки В. М. Стец и А. Д. Чурляев рекомендуют располагать длинной стороной поперек уклонов (по горизонталям), когда достигается минимальное количество земляных работ.

Картовые оросители строятся с расчетом обеспечить двустороннее командование. Длина карт может быть доведена до 300—1000 м, ширина — около 100—200 м. Карта разделяется продольным валиком на две горизонтальные полосы, которые в дальнейшем разбиваются на промывные делянки, так называемые палы, размер которых определяется необходимостью; учитывая микрорельеф, нужно провести минимальный объем земляных работ. Судя по опыту Золотоордынской опытной станции, валики, разделяющие промывные делянки, необходимо делать постоянными (так называемые калифорнийские валики); размер их для условий Голодной Степи: высота 40 см, ширина по основанию 150 см, ширина по верху 30 см. Размер промывных делянок в Голодной Степи можно доводить до 0.5—1—2 га, с тем чтобы длина их достигала 100—300 м.

А. А. Шошин считает также целесообразным, в интересах уменьшения земляных работ и повышения прочности валиков против размывающего действия воды при промывках, располагать валики с учетом рельефа, а не прямолинейными контурами.

Вместе с тем промывные делянки, по данным А. А. Шошина, не должны быть особенно большими (не больше 0.5 га), с тем чтобы обеспечить дифференциацию промывных норм в соответствии со степенью засоленности почвы.

Ок-арыки, подводящие воды к делянке, желательнее всего привязывать к валикам, окаймляющим палы. В тех случаях, когда это невозможно, ок-арык проводится на середине палы. Ок-арыки также должны иметь двустороннее командование.

В. М. Стец и А. Д. Чурляев считают на основании опыта Голодной Степи, что спланированные палы в конечном счете должны составить ряд террасовидных ступеней, превышающих одна другую не больше чем на 20—25 см.

Наилучшим сроком проведения планировочных работ является период осень — зима. Однако, в целях использования трудовых ресурсов колхоза или совхоза, целесообразно производить планировки в течение круглого года в соответствии с метеорологическими условиями. Особенно удобно проводить систематические планировки на полях люцерны (исключая, конечно, период укоса). При этом места срезов и больших подсыпок после увлажнения дополнительно засеваются люцерной.

До распашки люцерников третьего года также необходимо проводить часть планировочных работ с целью подготовки поля под хлопчатник или свеклу.

Намеченные к производству планировочных работ солончаковые перелоги очищают от зарослей и кустарников. После этого намеченные к планировке бугры рыхлят чизелем или распахивают. Затем производят выемку и перемещение грунта с микроповышений на понижения. После перемещения грунта выравнивают поверхность. Для этого сначала на уплотненных при проездах трактора местах производится глубокая, до 20—25 см, вспашка; окончательное выравнивание производится конной малóй, тракторной волокушей или широкозахватным грейдером.

Хозяйственно приемлемой точностью планировки в большинстве случаев следует признать $\pm$ 10 см. Для проверки точности планировки и предварительной осадки взрыхленного поля поливная делянка заполняется водой. После просыхания почвы все недопланированные участки подправляются с помощью грейдера. В дальнейшем для поддержания поля в выравненном состоянии необходимо ежегодно проводить текущие планировки.

Для проведения планировочных работ в каждом хозяйстве может быть использован весь наличный пригодный инвентарь: лопаты, носилки, тачки; специально должны быть изготовлены тракторные лопаты и волокуши. Однако производство капитальных планировок, особенно в крупных хозяйствах, требует помощи со стороны МТС, в которых должен быть подобран в достаточном количестве необходимый планировочный инвентарь: чизели, специальные плуги, скреперы, грейдеры

3. Регулирование и улучшение внутрихозяйственного водного баланса

Планомерное проведение мероприятий по регулированию и улучшению внутрихозяйственного водного баланса может дать высокий положительный мелиоративный эффект не только для данного хозяйства, но, при одновременном проведении этих мероприятий в других хозяйствах, и для территории всего оазиса.

Данными СоюзНИХИ установлено, что внутрихозяйственные потери

воды в условиях Средней Азии составляют до 30% головного водозабора и до 50% общего количества потерь в ирригационной сети. Чтобы добиться общеоазисного повышения КПД, необходимо, таким образом, начинать с повышения КПД в колхозах и совхозах орошаемой зоны. В настоящий период, по данным СоюзНИХИ, внутри хозяйства КПД иногда опускается до 0.35—0.50.

Отсюда следует, что низкий КПД в хозяйствах является одной из важнейших общих причин высокого стояния уровня грунтовых вод в системах. Поэтому комплекс внутрихозяйственных мероприятий по регулированию и улучшению водного баланса хозяйства должен быть направлен на повышение КПД внутри хозяйства, рационализацию поливов, а также уменьшение испарения грунтовых вод через почву и увеличение расхода их на транспирацию.

А. ПОВЫШЕНИЕ К П Д ВНУТРИ ХОЗЯЙСТВА

Главными причинами плохого использования воды в колхозах являются большая протяженность внутриколхозной ирригационной сети и большая распыленность одновременно поливаемых площадей, что приводит к холостым прогонам воды в каналах, увеличивая ее потери (СоюзНИХИ).

Поэтому одним из наиболее эффективных мероприятий повышения внутриколхозного КПД, по крайней мере до величины порядка 0.70—0.75, будет устранение большой протяженности каналов и распыленности числа одновременно поливаемых площадей внутри хозяйства и отдельных бригад. В каждом хозяйстве должен быть разработан и твердо проводиться в жизнь внутрихозяйственный межбригадный водооборот, тесно связанный с планом проведения важнейших работ и послеполивных обработок почв.

Основной задачей подобного внутрихозяйственного водооборота является устранение бесплановости поливов, их распыленности и сосредоточение поливов на крупных массивах на основе строгой очередности водоподачи бригадам внутри колхоза (СоюзНИХИ).

Следующей существенной причиной понижения внутрихозяйственного КПД в колхозах являются технические недостатки ирригационной внутриколхозной сети и, особенно, большое число точек водозабора, доходящее иногда до нескольких десятков. Это затрудняет нормирование и контроль водопользования, делает возможным забор воды в произвольных количествах, без заботы об ее рациональном использовании.

Необходимо поэтому максимально уменьшить число точек отпуска воды, сократить протяженность ирригационной сети, оборудовать ее водомерами и сооружениями.

Возможность бесконтрольного водозабора часто используется внутри хозяйства для увеличения числа поливов, чтобы заменить ими невыполненные культивации и междурядные обработки и таким образом восполнить быстро испаряющуюся в этих условиях влагу из уплотненной почвы. Между тем несвоевременное проведение механической обработки

почвы после поливов приводит к большим потерям почвенной воды на испарение и способствует засолению. По данным СоюзНИХИ, задержка очередной обработки поля после полива на три дня обусловливает потерю до 50% поданной поливной воды. Соответственно остающаяся поливная вода может обеспечить растения лишь на очень короткий срок, а затем вновь возникает необходимость в повторении полива. Поэтому задержка механической обработки после поливов, подмена механической обработки увеличением числа поливов, как способствующие понижению внутрихозяйственного КПД, излишнему питанию грунтовых вод и росту засоленности почвы, ни в коем случае не должны допускаться в хозяйствах.

В целях максимальной рационализации и экономии водопользования в колхозах необходимо· сокращать излишнюю протяженность, переустраивать и дооборудовать межколхозную и внутриколхозную ирригационную сеть, приспосабливать внутриколхозную ирригационную сеть к севообороту, сокращая количество водовыпусков, строить внутрихозяйственное водопользование на основе межбригадного водооборота, увязанного с основными культурами и ориентированного на максимальное сокращение распыленности и одновременность поливов СоюзНИХИ).

б уменьшение поступлений в грунтовые воды на полях

Проводя переустройство и сокращение протяженности, а также числа одновременно действующих каналов, хозяйства повышают КПД за счет сокращения потерь воды на фильтрацию в ирригационной сети. Однако этим не исчерпываются внутрихозяйственные мероприятия по уменьшению питания грунтовых вод потерями из оросительной сети.

В этих же целях необходимо проводить регулярную очистку каналов, уничтожая болотную растительность и поддерживая его сечение. Это мероприятие, увеличивая пропускную способность канала, может снизить фильтрацию воды до 30% Очистку каналов нужно проводить, не задевая и не снимая первоначальное заиленное ложе канала, чтобы не повышать его фильтрационную способность после расчистки. Нельзя также допускать работу оросительной сети с подпором на высоких горизонтах, угрожающих прорывом канала и разливами воды. Весьма желательно также с целью уменьшения фильтрации в каналах применять простейшие приемы гидроизоляции.

Огромных результатов в уменьшении питания грунтовых вод и внутрихозяйственных потерь воды можно добиться путем введения поливов без сброса по глубоким тупым бороздам. В ряде орошаемых оазисов Союза господствует еще полив затоплением, поливные нормы зачастую достигают 1800, а иногда и 2000—3000 м³/га, т. е намного превышают водоудерживающую способность почвы Поливы такими нормами воды являются одним из основных источников пополнения грунтовых вод и поддержания их на высоком уровне. Необходимо введение в каждом хозяйстве современных способов полива, заменяя дикий напуск и чаль-

ное орошение, напуск по полосам и затопление по чекам — поливами по тупым бороздам. Введение поливов по бороздам позволит сократить поливные нормы до 800—1000 м³/га и этим устранить один из основных источников питания грунтовых вод. В тех случаях, когда уклоны местности превышают 0.008, рекомендуется нарезать борозды под углом к горизонталям. В равной мере необходимо пресечение избыточного числа поливов, «учащенных поливов», которые в отдельных хозяйствах достигают 12—18 (долина реки Вахш), являясь значительным источником питания грунтовых вод.

Нормированный отпуск воды колхозам и совхозам, плановое водопользование внутри хозяйства, планировки, введение полива по глубоким тупым бороздам вместо полива затоплением позволят каждому хозяйству изжить сбросы воды на дороги, пустующие угодья и понижения. Поливы со сбросом вообще должны быть, как правило, запрещены. Ликвидация сброса при поливах, воспрещение сбросов избыточно забранной воды на неорошаемые территории позволит устранить внутри каждого хозяйства еще одну существенную статью пополнения грунтовых вод и повышения их уровня.

в. Уменьшение испарения и увеличение расхода грунтовых вод на транспирацию

Каждое хозяйство может в значительной степени улучшить характер своего водного баланса и этим улучшить общее мелиоративное состояние всего оазиса системой мероприятий, направленных на уменьшение испарения грунтовых вод через почву и увеличение расхода их на транспирационную деятельность растений.

а) Введение правильных севооборотов

Наиболее мощным фактором уменьшения испарения почвенно-грунтовых вод и замены этих процессов расходом грунтовых вод на транспирацию является введение в севооборот в качестве обязательного элемента трав и прежде всего люцерны. Для почв, склонных к засолению, в хлопковых районах наиболее целесообразен хлопково-люцерновый севооборот с 3 годами пребывания люцерны при 3—4 годах других культур. Так, семипольный (3 люцерна и 4 хлопчатник) севооборот в полной мере оправдал себя в практике передового хлопкового совхоза-гиганта Пахта-Арал в Голодной Степи (В. Р. Вильямс).

На сильнозасоленных почвах срок пребывания хлопчатника следует в течение 2—3 ротаций сокращать до 3 и даже 2 лет и лишь после устойчивого рассоления почв переходить на 4- и 5-летнее пребывание хлопчатника в севообороте. Продолжительность пребывания люцерны в севообороте не должна быть больше 3 лет, так как затем она стареет, изреживается и положительное влияние ее на почву ослабляется. Удлинить пребывание люцерны, однако, возможно путем высева ее не весной, а осенью в растущий хлопчатник последнего года (В. С. Малыгин).

И лишь на почвах, совершенно не склонных к засолению, срок люцерны в севообороте может быть сокращен до 2 лет.

Для того чтобы люцерна оправдала себя как культура, притеняющая почву с поверхности и снижающая уровень грунтовых вод путем транспирационной деятельности, необходимо коренным образом изжить существующую недооценку ее агротехники. Как малосолеустойчивая культура, люцерна требует тщательной подготовки почвы к посеву путем предварительной планировки и промывки засоленных участков. В дальнейшем, для того чтобы люцерна на полях обладала высокой густотой стояния и мощным развитием, ее необходимо достаточно тщательно поливать, доводя общее число укосов до 4—5, вместо существующих 2—3. Необходимо также производить дополнительную промывку и подсев люцерны на изреженных, вследствие засоленности почвы, местах поля и позднеосенние поливы люцерников.

б) Улучшение структуры орошаемых почв

С вопросом севооборотов непосредственно связана задача улучшения структуры почв. Значение комковатозернистой структуры в борьбе с засолением почв систематически подчеркивалось в работах акад. В. Р. Вильямса и в решениях ряда сессий и совещаний научных учреждений Союза.

Помимо механической обработки почв (вспашка, культивация, мотыжение), которая при проведении ее в момент достижения почвой физической спелости способна придать пахотному горизонту довольно устойчивое агрегатное состояние и увеличить его некапиллярную скважность, решающее значение в улучшении структуры орошаемых почв должно иметь обогащение почвы органическим веществом и повышение активности ее микробиологического населения.

Установлено, что наилучшим компонентом в севооборотах орошаемого земледелия с этой точки зрения является люцерна, которая за 2—3 года пребывания на поле способствует значительному улучшению физических свойств почвы. В результате культуры люцерны увеличивается количество структурных и, в особенности, количество водоустойчивых агрегатов почвы. Одновременно происходит уменьшение бесструктурных пылеватых элементов почвы и увеличение некапиллярной скважности почвенного профиля. Структурообразующая роль люцерны теперь делается понятной и потому, что она обладает громадной массой мелких корешков, сосредоточенных вблизи поверхности почвы (Л. П. Белякова).

Как показали исследования М. М. Кононовой, после распашки люцерны и заправки пахотного горизонта большими количествами свежего органического вещества происходит резкое усиление микробиологической деятельности. Последнее сопровождается, по данным Е. Н. Мишустина и Ф. Ю. Гельцер, значительным увеличением количества водо-

устойчивых микроагрегатов в пахотных горизонтах. Поэтому для каждого орошаемого хозяйства в числе мероприятий по борьбе с засолением почв первоочередным является введение севооборота, включающего люцерну.

Наилучшие результаты в смысле образования хорошей комковато-зернистой структуры по В. Р. Вильямсу дают при этом травосмеси из люцерны и злаков.

Положительное влияние на физические свойства почвы и ее плодородие оказывает введение в орошаемых хозяйствах зеленых удобрений (запашка бобовых, зерновых или их смеси). В. С. Малыгин рекомендует для запашки на зеленые удобрения подсевать в растущий хлопчатник зимостойкий горох (сорт никольсон, аустрианум).

Практика запашки на зеленые удобрения бобовых, злаков и их смесей широко распространена в орошаемых районах Египта, Индии, Америки. Браун рекомендует в качестве зеленых удобрений из числа бобовых — клевер, вику, коровий горох, соевые бобы. Из числа небобовых в США на зеленое удобрение применяются рожь, ячмень, пшеница, овес. Последействие зеленых удобрений в севообороте, по американским данным, сказывается не менее двух лет.

Растения для зеленых удобрений высеваются осенью в междурядья хлопчатника и вегетируют в течение поздней осени и зимы. Во многих случаях, однако, растения на зеленые удобрения целесообразно высевать после уборки ранних зерновых. Надо вообще отметить исключительно широкое применение в орошаемом земледелии США зеленых удобрений (главным образом, бобовых), высеваемых, как правило, в порядке повторных и уплотненных культур.

Положительное влияние на физические свойства почв оказывает также внесение органических удобрений (навоз, жмых). Как сидерация, так и внесение органических удобрений особенно необходимы на почвах третьего и четвертого годов после распашки люцерны.

в) Механическая обработка почв

Прежде всего здесь надо отметить необходимость проведения тщательной механической обработки почв. Рыхление (культивация) почвы перед поливом и, в особенности, в первые дни после полива, разрушая капиллярные системы пахотного горизонта и придавая последнему комковатое строение, в сильной степени ослабляет испарение воды с поверхности почвы.

Весьма желательно механическую обработку после полива проводить таким образом, чтобы вслед за культивацией междурядий глубоким (10—15 см) кетменеванием разрыхлить почвы в рядах пропашных растений и сравнять гребни для уменьшени испаряющей поверхности поля. Столь же благотворно на уменьшении испарения сказываются глубокая вспашка, лущение и боронование почвы.

Увеличение расхода грунтовых вод на транспирацию растений и одновременное уменьшение испарения с почвы достигается рядом мероприятий.

Во-первых, необходимо обеспечить высокую густоту стояния растений в поле, не допуская изреженности. В практической хозяйственной обстановке часто, вследствие недостатков вспашки, посева и последующего ухода, поля хлопчатника, свеклы, люцерны имеют изреженный покров растений, а на отдельных участках оголены полностью. При близких грунтовых водах не покрытые растениями участки поля являются интенсивными испарителями почвенно-грунтовых вод, подсасывая их вместе с растворенными солями с окружающих пространств. Вследствие отсутствия растений оголенные участки обычно, в целях сокращения работы, не подвергаются тщательной механической обработке и часто недостаточно поливаются. В итоге к концу вегетационного периода участки с изреженным покровом растений и оголенные пятна могут сильно засолиться. В следующем году на этих участках понижается всхожесть семян, и почва продолжает засоляться вследствие изреженности растений еще больше.

Необходимо поэтому с помощью всего комплекса агротехнических мероприятий добиваться того, чтобы покров растений на орошаемом поле отличался всегда оптимально высокой загущенностью, исключающей возможность преобладания испарения почвенно-грунтовых вод на отдельных оголенных пятнах.

г) Повторные и уплотненные культуры

Одним из эффективных и хозяйственно в высшей степени целесообразных способов регулирования и улучшения водно-солевого режима орошаемых почв является введение повторных и уплотненных культур.

Климатические условия Средней Азии и Закавказья позволяют снимать при орошении с освоенной территории 2—3 урожая. Повторные и уплотненные культуры закрывают почву растительным покровом от солнечного нагрева и уменьшают испарение влаги с поверхности. С другой стороны, корневая система этих растений дополнительно расходует почвенно-грунтовые воды на транспирацию.

Вводя повторные и уплотненные культуры в севооборот, хозяйство таким образом приобретает возможность использовать осень, зиму и раннюю весну для получения дополнительной продукции и, кроме того, уменьшить испарение почвенных растворов и соленакопление в почве благодаря затенению и транспирации. Вместе с тем, как правильно отмечает проф. В. С. Малыгин, введение повторных и уплотненных культур способствует обогащению почвы органическим веществом и тем самым улучшению физических свойств почвы.

В практике орошаемого земледелия Америки, Египта и Индии повторные и уплотненные культуры широко применяются для запашки на зеленые удобрения.

В условиях Средней Азии и Закавказья повторные культуры могут применяться в следующих вариантах: в первый год — посев озимых зерновых в растущий хлопчатник на сено или зерно; в следующем году после уборки озимых зерновых — посев сахарной свеклы или скороспелых сортов хлопчатника (Д. Н. Прянишников, С. К. Кондрашев, В. С. Малыгин). На полях риса возможен посев зимостойкого гороха в растущий рис в конце поливного периода и в следующем году, после уборки гороха,— посев зерновых (И. И. Чуриков). В растущий же хлопчатник могут высеваться зимостойкие сорта бобовых, а также люцерна. На полях распаханной люцерны В. С. Малыгин считает целесообразным высевать на сено или на зеленый корм, а в отдельных случаях и на зерно — озимые зерновые или бобовые.

В условиях США часто практикуются севообороты уплотненного типа. Приведем некоторые из них:

Первый год — кукуруза с одновременным высевом сеялкой коровьего гороха.

Второй год — овес с посевом коровьего гороха после уборки овса.

Третий год — хлопчатник с рожью и викой, высеянными в междурядьях после первого сбора.

Четырехлетний севооборот:

Первый год — хлопчатник с рожью и викой в междурядьях после первой уборки.

Второй год — кукуруза с одновременным высевом коровьего гороха или соевых бобов.

Третий год — овес с высевом коровьего гороха после уборки овса.

Четвертый год — хлопчатник с рожью и викой в междурядьях с высевом их после первой уборки.

Рекомендуется также уплотненный севооборот несколько другого типа:

Первый год — хлопчатник и клевер, высеваемые в междурядьях 1 сентября.

Второй год — кукуруза или соевые бобы с высевом клевера (медикаго) 1 сентября.

Третий год — хлопчатник.

Рекомендуются и более сложные севообороты:

Первый год — хлопчатник и клевер, высеваемые в междурядьях 1 сентября.

Второй год — кукуруза с последующим высевом озимого овса.

Третий год — овес с высевом 1 сентября соевых бобов или коровьего гороха, преимущественно в рядах.

Четвертый год — хлопчатник.

Интересен сверхуплотненный севооборот, описанный Ломбардоном в орошаемых районах Нила. Хлопчатник высевается в марте и убирается в ноябре. После хлопчатника, в ноябре же или декабре, высевается пшеница, которая убирается в апреле — начале мая следующего года. В кон-

це мая или начале июня высевается кукуруза, которая полностью созревает в сентябре — октябре. Вслед за кукурузой высевается александрийский клевер. Один из укосов клевера используется на корм рабочему скоту, а второй запахивается на зеленые удобрения. После этого уже хлопчатником начинается новый цикл ротации.

Для условий Средней Азии акад. Д. Н. Прянишниковым рекомендуется также ряд севооборотов уплотненного типа:

Свекла — 22.2 проц., хлопчатник — 33.3 проц.

1, 2, 3. Люцерна.
4. Хлопчатник.
5. Свекла и посев озими.
6. Озимь и яровое.
7. Хлопчатник.
8. Свекла и озимый посев гороха.
9. Хлопчатник.

Свекла — 33.3 проц., хлопчатник — 22 2 проц.

1, 2, 3. Люцерна.
4. Хлопчатник.
5. Свекла и посев озими.
6. Озимь и яровое.
7. Свекла и озимый посев гороха.
8. Хлопчатник.
9. Свекла.

Свекла — 33.3 проц., хлопчатник — 33 3 проц.

1, 2, 3. Люцерна.
4. Хлопчатник.
5. Свекла и посев озими.
6. Озимь и свекла поздняя.
7. Хлопчатник.
8. Свекла (по навозу).
9. Хлопчатник.

Считая возможным дальнейшее уплотнение, проф. В. С. Малыгин рекомендует севооборот следующего типа·

1, 2. Люцерна.
3. Люцерна, распашка, посев озимого на сено.
4. Уборка сена, вспашка, хлопчатник нормальный, посев озимого на сено.
5. Уборка сена, вспашка, хлопчатник нормальный, зябь унавоженная.
6. Свекла, уборка свеклы, вспашка, озимь на зерно.
7. Уборка зерна, вспашка, второе зерновое, зябь унавоженная.
8. Хлопчатник нормальный, озимое на сено или зерно.
9. Уборка сена или зерна, вспашка, хлопчатник нормальный или поздний, посев люцерны в растущий хлопчатник.

«При таком уплотнении,— пишет Малыгин,— с девятипольного сево-

оборота мы получим 13 урожаев: люцерновое сено — с 3 полей, сено озимых — с 2 или 3 полей, зерно — с 3 или 2 полей, хлопчатник — с 4 полей и, наконец, сахарная свекла — с 1 поля».

Введение уплотненных и повторных культур требует высокой организованности, четкости и слаженности хозяйства, своевременности и быстроты проведения работ. Оно в полной мере оправдывается увеличением продукции и улучшением мелиоративного состояния почв хозяйства благодаря снижению уровня грунтовых вод, ослаблению процессов испарения и уменьшению соленакопления в пахотных почвенных горизонтах.

Значительный мелиоративный и экономический эффект может дать посев зерновых на пустующих внутрихозяйственных землях. По данным СоюзНИХИ, в условиях Средней Азии на этих землях наиболее целесообразно вводить в культуру озимые зерновые, как дающие более высокие урожаи, тем более, что в период сентябрь — ноябрь имеется свободная вода, которая может быть использована для проведения предпосевных промывок и поливов. Осеннее развитие зерновых будет способствовать ослаблению испарения с поверхности почвы и увеличит расходование почвенно-грунтовых вод на транспирационную деятельность растений, что в конечном счете ослабит сезонное засоление. В первую половину следующего года зерновые успевают развиться и созреть до разгара сезонного засоления.

После уборки зерновых поле следует занимать повторными культурами, имеющими короткий вегетационный период,— картофель, просо, маш, кунжут и др., под покровом которых процессы испарения будут ослаблены благодаря притенению и расходу грунтовых вод на транспирацию. В. С. Малыгин рекомендует также посев зерновых в растущий хлопчатник, что позволит ослабить позднеосеннее испарение почвенно-грунтовых вод благодаря живому покрову озимых.

г. снижение уровня и отвод грунтовых вод

В практической хозяйственной и природной обстановке, даже при самом последовательном проведении комплекса организационных, эксплоатационных и агротехнических мероприятий по снижению уровня грунтовых вод и уменьшению их питания, фильтрация воды из оросительной сети и на полях будет все же иметь место, составляя не менее 30—20% от воды, забираемой в голове системы для орошения. В тех случаях, когда орошаемое хозяйство расположено на территориях, имеющих недостаточную естественную дренированность или полностью недренированных (нижние террасы, дельты, концевые части оазисов, обширные впадины мезорельефа), естественный отток грунтовых вод окажется не в состоянии покрыть все поступления в грунтовые воды и их уровень будет иметь тенденцию к подъему с последующим усилением соленакопления. Природная обстановка хозяйства при этом может сильно осложниться подъемом грунтовых вод, выходом их на поверх-

ность и засолением почв. Деятельность хозяйств будет особенно затруднена в случаях необходимости увеличения коэффициента земельного использования территории путем освоения пустующих внутрихозяйственных земель, играющих роль регуляторов водного и солевого баланса.

В подобных тяжелых местных условиях бессточности грунтовых вод коренное улучшение водного режима территории солончаков может быть достигнуто только постройкой внутрихозяйственной сети глубоких дрен (зауров). Затраты на сооружение сети глубоких дрен, как показал опыт Муганской и Золотоордынской станций, в полной мере оправдаются, так как хозяйство будет избавлено от подтопления и засоления земель, получит возможность освоения пустующих солончаковых почв и повысит урожайность сельскохозяйственных культур вообще.

В зависимости от свойств почв и грунтов глубина первичных дрен, обеспечивающая необходимое устойчивое снижение грунтовых вод, должна быть не менее 1.75—2 м при тяжелых глинистых грунтах (Фергана, Кура-Араксинская низменность) и 2.5—3 м при лёссовых пылеватых грунтах (Голодная Степь).

Междренья при подобных глубинах заложения дрен могут быть не менее 500 м. Дренажная сеть хозяйства будет лишь тогда в состоянии в полной мере обеспечить снижение и отвод грунтовых вод, когда она будет включена в глубокие, 3—3.5 м, коллекторы, впадающие в сеть общесистемных глубоких коллекторов, допускающих возможность бесподпорного отвода дренажной воды.

В случаях расположения глубоких дрен — зауров между оросительными каналами двустороннего командования ширина междрений может быть доведена, повидимому, до 1500—1800 м.

Распространенная в древних оазисах Средней Азии практика сооружения и использования внутри хозяйства мелких (1—1.5 м) дрен (зауры, закеши) для снижения уровня и отвода грунтовых вод на солончаках найдена и подтверждена вековым опытом народа в Ферганской долине и Бухаре. Мелкие дрены хотя и в неполной мере, но все же несколько улучшают водный и солевой режим почв хозяйства, облегчая проведение промывок, но не справляясь с задачами ликвидации засоления.

Не вполне достигает также цели, т. е. улучшения мелиоративной обстановки в оазисе, постройка коллекторов, открывающихся во внутриоазисные пустующие понижения или на нижележашие территории. Отвод грунтовых вод и солей с одних территорий в этих случаях приводит к подтоплению нижележащих территорий, способствуя их заболачиванию и засолению.

Внутрихозяйственные дрены могут быть открытого или закрытого типа. Последний вид дренажа хотя и лучше, но обходится при постройке дороже. Кроме того, в течение длительного времени хозяйства не

смогут приобретать гончарные или бетонные трубы для закрытого дренажа вследствие отсутствия их производства. Применение для закрытого дренажа фашин, битого камня и кирпича нельзя считать достаточно апробированным. Поэтому практически в течение длительного периода дренаж на солончаках придется ограничить глубокими открытыми канавами.

Вдоль каждой внутрихозяйственной дрены должны быть оставлены полосы отчуждения шириной до 10--20 м, которые, в целях охраны дрен от обрушения и засорения, нельзя занимать под орошаемые культуры.

Необходимый эффект по снижению уровня и отводу грунтовых вод с солончаков дрены обеспечат лишь в том случае, если они будут поддерживаться в безупречном рабочем состоянии путем регулярной очистки, прокоса зарастающих трав, сохранения первоначальной глубины и т. д.

Ни в коем случае внутрихозяйственные дрены не должны использоваться для сброса избыточно забираемой воды. Засоренность дрен и переполнение их сбросными водами превращают дрены в источник питания грунтовых вод, способствуюший их подъему и росту засоленности почв.

Необходимо также запретить подпор коллекторов и дрен для использования их в качестве оросителей.

4. Регулирование солевого режима почв в орошаемом хозяйстве

Мероприятия, снижающие уровень грунтовых вод, понижающие их испарение с поверхности почвы и увеличивающие расход на транспирацию и сток, вместе с тем являются мероприятиями, уменьшающими процессы соленакопления в почвах. Однако в каждом поливном хозяйстве следует добиваться не только попутного регулирования и улучшения солевого режима почв в связи с регулированием водного баланса, но необходимо планомерно применять систему специальных мероприятий, воздействующих на солевой режим почвы и ослабляющих сезонное и общее соленакопление в них.

Из числа внутрихозяйственных мероприятий по регулированию солевого режима орошаемых почв необходимо назвать следующие:

Механическая обработка почв с целью придания комковатой структуры и ослабления передвижения капиллярной влаги в пахотном горизонте.

Севообороты, улучшающие структуру и воднофизические свойства почвенного профиля, а также его солевой режим.

Вегетационные и невегетационные поливы, активно воздействующие на динамику солей почв.

Уничтожение солончаковых пятен на орошаемых полях.

Рассмотрим в отдельности значение этих приемов.

А. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОЧВЫ

Наиболее общедоступным приемом ослабления размеров капиллярного подъема растворов легкорастворимых солей в пахотный слой и разрушения капиллярных систем в пахотном горизонте с приданием последнему комковатого строения является глубокая (20—25 см) вспашка почвы осенью. Этот важнейший прием регулирования солевого режима почв сопровождается оборотом наиболее засоленных горизонтов почвы вниз, их разрыхлением, приданием комковатой структуры, увеличением водопроницаемости и ослаблением капиллярных связей с подстилающими горизонтами.

Колебания температур и влажности за зимний период закрепляют комковатую структуру почвы, а атмосферные осадки дождливого сезона способствуют рассолению пахотного горизонта.

Обработка почвы без повторных перепашек, как показали исследования СоюзНИХИ, к весне очередного года оставляет рыхлый оструктуренный пахотный горизонт с высокой некапиллярной скважностью, характеризующийся ослабленным испарением и меньшим соленакоплением с весны в сравнении с многократно перепаханными и распыленными почвами.

В сочетании со вспашкой боронование, являясь также приемом разрушения капиллярных систем пахотного слоя почвы и увеличения в нем некапиллярной скважности, способствует, в свою очередь, ослаблению испарения и соленакопления в пахотных горизонтах.

Поэтому своевременное боронование, ведущее к уничтожению крупных комьев, выравниванию поверхности поля, а также к уничтожению плотной корки, задерживая процесс соленакопления, будет общим приемом регулирования солевого режима.

Большое значение в водно-солевом режиме почв и, в особенности, в процессах соленакопления имеет подпахотный уплотненный горизонт, обычно образующийся после нескольких лег орошения и обработки почвы. Отличаясь низкой водопроницаемостью, он ослабляет рассоляющее влияние атмосферных осадков и поливов, а обладая высокой капиллярностью, способствует транспорту и подаче солей в пахотный горизонт снизу.

Разрушение подпахотного уплотненного горизонта с помощью глубокого чизелевания или келифера (на 30—40 см) является, таким образом, очень важным приемом воздействия на солевой режим засоленных почв. Глубокое рыхление, разрушая подпахотный уплотненный горизонт, придавая ему более высокую водопроницаемость и ослабляя капиллярные явления в нем, будет способствовать усилению сезонного и поливного рассоления почв и одновременно ослаблению подъема тока солей и их накопления в пахотном слое.

Каждый полив сопровождается бóльшим или меньшим разрушением структурных комковатых отдельностей почвы и последующим за поливом схватыванием поверхности пахотного горизонта с образованием плотной бесструктурной корки, интенсивно испаряющей воду. Потеря

структуры пахотным горизонтом после полива и образование плотной, сильно испаряющей корки способствуют соленакоплению. Для того чтобы ослабить послеполивное испарение и соленакопление, необходимо в первый же день наступления физической спелости почвы после полива проводить культивацию междурядий. Культивация разрушит корку, придаст междурядьям комковатую структуру, увеличит некапиллярную скважность и, ослабив испарение, уменьшит соленакопление.

Столь же необходимо после каждого полива проводить кетменевание (мотыжение) пахотного горизонта в ряду пропашных растений и их окучку. Глубокое (10—15 см) кетменевание почвы, разрушая капиллярные системы пахотного горизонта и увеличивая некапиллярную скважность его, ослабляет испарение почвенно-грунтовых вод и соленакопление в пахотном горизонте. Окучка, выражающаяся в нагребании рыхлой, мелкокомковатой массы почвы вокруг растений, также влечет за собой ослабление соленакопления в прилегающей к ней части пахотного горизонта. Поэтому как кетменевание, так и окучка являются эффективными приемами регулирования солевого режима и уменьшения соленакопления.

Для участков засоленных почв, находящихся в культуре, наиболее целесообразно было бы производить не менее двух культиваций и одного кетменевания на каждый полив, из расчета одна культивация после полива и одна перед очередным поливом для нарезки борозд.

Совершенно недопустимо на засоленных почвах применение поливов без очередных культиваций и кетменевания почв. Это прямым образом содействует слабому выщелачиванию солей поливною водой и интенсивному соленакоплению после полива.

В равной степени нельзя допускать снижения качества механической обработки или не обрабатывать полностью оголенные участки поля, не имеющие сельскохозяйственных растений, так как это способствует интенсивному соленакоплению на непокрытых растениями и остающихся уплотненными участках.

б севообороты

Введение люцерны или злаково-люцерновых травосмесей в севообороты орошаемого земледелия является также одним из основных массовых и эффективных приемов регулирования солевого режима поливных почв (В. Р. Вильямс). Травяной покров, притеняя почву, снижает поверхностное испарение и перехватывает корнями восходящие капиллярные растворы, расходуя почвенно-грунтовую влагу на транспирацию.

Улучшая структуру почв, травы в правильном севообороте ослабляют движение и испарение капиллярной воды, уменьшая накопление солей в почве.

Меняя водный режим почв, травяной покров этим самым меняет их солевой режим, ослабляя соленакопление в корнеобитаемых и, в особенности, пахотных горизонтах почвы. С другой стороны, мощное раз-

витие корневой системы травяных растений в почве способствует улучшению структурности почв путем образования крупнокомковатых агрегатов, увеличения некапиллярной скважности и образования микроагрегатов. За 3—4 года пребывания многолетних трав на полях севооборота улучшение структуры почв достигает существенных размеров В итоге повышается водопроницаемость почвы и ослабляется интенсивность капиллярных восходящих токов. Положительное последействие после распашки травяных клиньев севооборота сохраняется в орошаемом земледелии не менее 2—3 лет.

Повышение водопроницаемости в некапиллярной скважности, уменьшение интенсивности восходящего капиллярного движения растворов и ослабление скорости испарения благодаря улучшению агрегатности почвы отзываются при правильном орошении благотворно на солевом режиме засоленных почв, снижая ежегодно величину послеполивного и сезонного засоления почв и общую их засоленность.

В. РЕГУЛИРОВАНИЕ СОЛЕВОГО РЕЖИМА ПОЧВ ВЕГЕТАЦИОННЫМИ ПОЛИВАМИ

Вегетационные поливы являются наиболее мощным средством управления солевым режимом почвы, приспособления его к развитию сельскохозяйственных растений и ослабления сезонного соленакопления. На засоленных почвах вегетационные поливы должны начинаться, по возможности, раньше и проводиться несколько чаще по сравнению с поливами незасоленных почв.

Практический опыт и исследование солевого режима показывают, что на засоленных почвах необходимо давать на 1—3 полива больше в сравнении с незасоленными. Межполивные промежутки в период конец июня — июль — первая половина августа на засоленных почвах должны быть не более 8—10 дней, так как именно в этот период сезонное соленакопление особенно интенсивно.

Опытные станции СоюзНИХИ и большинство агрономов-ирригаторов рекомендуют проводить полив засоленных почв так же, как и незасоленных почв,— по глубоким тупым бороздам. Однако в случаях особенно сильно засоленных почв при этом на гребнях скопляются большие количества легкорастворимых солей, угнетающих растения. Поэтому многие практики и исследователи рекомендуют последние 2—1 полива на сильнозасоленных почвах проводить уже не по бороздам, а затоплением, применяя повышенные нормы. Назначение этих последних поливов заключается в рассолении пахотного горизонта.

Поливы на сильнозасоленных почвах должны поддерживать в вегетационный период относительную влажность не менее 80—85% полевой влагоемкости с целью не допустить в межполивной промежуток резких возрастаний концентраций солей в почвенных растворах и обеспечить господство нисходящего тока.

Необходимо подчеркнуть, что данный тип режима орошения рекомендуется только для сильнозасоленных почв, находящихся в куль-

туре, и что его применение рассчитано либо на низкий коэффициент земельного использования, либо на существование работающей коллекторной сети и является временным, пока почвы не рассолены зимними промывками.

Г. РЕГУЛИРОВАНИЕ СОЛЕВОГО РЕЖИМА ПОЧВ ВНЕВЕГЕТАЦИОННЫМИ ПОЛИВАМИ

Кроме регулирования солевого режима засоленных почв с помощью вегетационных поливов, можно добиться значительных успехов в ослаблении вредного влияния солей и в уменьшении процессов соленакопления в пахотных горизонтах почв с помощью вневегетационных поливов.

В случаях сухой зимы и весны на засоленных почвах начинается раннее сезонное засоление, обусловливающее задержку, изреженность или отсутствие всходов. В этих случаях (а не вообще, и тем более не повсеместно), с целью осадить соли, разбавить концентрацию почвенного раствора и вызвать всходы растений, целесообразно на засоленных почвах давать один-два вневегетационных полива малой нормой воды (500—800 м³) через борозду.

Этим путем на засоленных почвах Вахша, Ферганы и Голодной Степи удается вызвать всходы, а в дальнейшем правильными, вегетационными поливами — обеспечить развитие сельскохозяйственных растений и получить урожай. Без применения вневегетационных поливов на этих участках растения не развиваются.

Часто на недопромытых почвах одних вегетационных поливов оказывается недостаточно для остановки и ослабления сезонного летнего соленакопления. Естественное зимнее (в дождливый сезон) рассоление почвы оказывается недостаточным для опреснения пахотного горизонта и для создания возможности развития всходов и роста растений в следующем году. Поэтому на орошаемых засоленных почвах необходимо, для регулирования солевого режима почв, рассоления их за зиму и подготовки к вегетации растений в очередном году, проводить осенне-зимние или ранневесенние поливы повышенной нормой воды, вызывающие рассоление корнеобитаемой зоны и, особенно, пахотного горизонта почв (профилактический полив, араты). Для подобных поливов рекомендуется применять норму воды порядка 1500—2000 м³/га.

Необходимость применения на засоленных почвах дополнительных вегетационных поливов и, кроме того, необходимость применять осенне-зимние поливы повышенными нормами, неизбежно приводят к повышению уровня грунтовых вод. В условиях бездренажного хозяйства на засоленных почвах повышенный запас грунтовых вод, ввиду отсутствия подземного стока и дренажа, может компенсироваться лишь испарением и транспирацией на пустых неорошаемых участках (низкий коэффициент земельного использования). Отсюда, задача регулирования солевого режима засоленных почв и получения урожая на них в бездренажных условиях может быть разрешена поддержанием невысокого коэффициента земельного использования территории, с тем чтобы

пустующие участки являлись испарителями грунтовых вод. Однако пустующие участки при этом засоляются.

Замена испарения грунтовых вод транспирацией травяными растениями не всегда возможна вследствие высокой засоленности почв, не допускающей появления всходов и нормального развития трав. При повышении же коэффициента земельного использования возникает необходимость искусственного дренирования территории засоленных почв, находящихся в культуре, с целью снижения уровня грунтовых вод и увеличения их оттока.

д уничтожение солончаковых пятен на орошаемых полях

Солончаковые пятна на орошаемых полях образуются на почвах, склонных к засолению, вследствие дефектов механической обработки, посева и поливов, за счет горизонтального и вертикального перераспределения солей и притока их на оголенные, не достаточно поливаемые, плохо обрабатываемые повышенные участки поля.

Уничтожение солончаковых пятен на полях является одним из мероприятий, направленных на регулирование и улучшение солевого режима орошаемых почв, и способом поднять при небольших затратах плодородие и повысить урожайность.

Солончаковые пятна должны подвергаться планировке, желательно осенью, с удалением солончакового верхнего слоя (2—3 см), содержащего максимальное количество солей, за пределы поля (на дороги, дамбы). Лучше всего эти работы проводить на полях, подготовляемых под посев люцерны очередного года. Участки со срезанными солончаковыми пятнами оконтуриваются валиком и выборочно промываются осенью. В случае изреженности всходов люцерны на этих пятнах в дальнейшем на них необходимо повторять подсев люцерны, применяя вновь выборочные промывки.

Вместе с тем для уничтожения солончаковых пятен на полях люцерны, хлопчатника, свеклы можно пользоваться и вегетационными поливами В этих случаях солончаковые участки, выровненные с осени, в дальнейшем при каждом очередном вегетационном поливе выборочно поливаются повышенными нормами поливной воды, с целью вызвать растекание избыточной поливной воды и этим самым вынос легкорастворимых солей с солончакового пятна в стороны.

В тех случаях, когда солончаковые пятна отличаются особо большим содержанием солей, подобные поливы необходимо проводить способом затопления, предварительно окружив солончаковые пятна валиками В большинстве же случаев достаточно ограничиться интенсивным поливом по глубоким бороздам

С помощью планировок, выборочных промывок осенью и зимой и тщательного залива во время вегетационных поливов можно солончаковые пятна на орошаемых территориях уничтожить полностью в течение 2—3 лет.

Кроме охарактеризованных способов использования естественных закономерностей солевого режима в сельскохозяйственной культуре и регулирования его с помощью обработок и поливов, следует упомянуть еще некоторые приемы, дающие удовлетворительные результаты.

е посев семян в основание гребня глубокой борозды

Этот способ, найденный вековым опытом земледельца в Узбекистане, основан на том, что легкорастворимые соли концентрируются при высыхании почвы в верхней части гребня, нижняя же часть ската гребня имеет наименьшую засоленность. Объясняется это тем, что поливная вода, проходя по дну борозды, капиллярными токами смещает соли к вершине гребня, позволяя растениям развиваться на опресненном фоне. В конечном счете культура растений на сверхглубоких бороздах подобного типа (например, джояках) позволяет получить на засоленных почвах удовлетворительные урожаи растений, хотя сезонное засоление при этом не ослабляется, а протекает с полной силой, выражаясь в резком засолении гребня между глубокими бороздами

ж. листерная культура

Дальнейшим техническим усовершенствованием способа посева растений в сверхглубокие борозды является листерная культура на засоленных почвах.

При листерной культуре поверхность поля покрывается глубокими бороздами с широкими овальными грядами между ними. В модификации, разработанной в условиях совхоза Пахта-Арал, борозды нарезались через 140 см. Семена хлопчатника высеваются в основание склона грядки, с тем чтобы поливная вода капиллярными растворами смачивала прилегающие участки почвы. Легкорастворимые соли при этом аккумулируются между бороздами на грядках. Всходы при данном способе разделки поля получаются дружными, урожай высоким.

5. Промывки засоленных почв

Чем выше степень засоленности почв и чем сильнее минерализация грунтовых вод, тем труднее в бездренажных условиях регулировать солевой режим, приспособляя его для выращивания растений. Почвы средней степени засоленности, содержащие 0.7—1,0% легкорастворимых солей и в том числе не менее 0.1% Cl, нуждаются уже, в условиях бездренажного хозяйства, в периодических промывках. Эти промывки, входящие постоянным элементом в систему хозяйственных работ по использованию засоленных земель в бездренажных условиях, являются, строго говоря, разновидностью профилактических поливов, усиливающих процессы естественного сезонного рассоления почв с помощью больших норм воды (2000—3000 м^3/га).

Орошаемые засоленные почвы, содержащие еще большее количество солей (1—1.5%) и близкие к поверхности минерализованные грунтовые воды, нуждаются уже в периодических капитальных промывках нормами воды 5000—6000 м³/га, с последующим отведением промытых территорий под культуру люцерны, с тем чтобы в течение трех лет культуры последней интенсивными поливами и дополнительными зимними промывками добиться рассоления корнеобитаемой части профиля почвы и подготовить ее под культуру хлопчатника или свеклы. И в этом случае промывки имеют общие черты с профилактическими поливами, однако здесь процессы рассоления почвы растягиваются на несколько лет. Неизбежное восстановление засоленности почв после распашки люцерны на 2—3-й год требует применения вновь капитальных промывок и нового цикла ежегодных промывок почв под люцерной.

В обоих случаях промывки не меняют суммарного солевого баланса территории с засоленными почвами, ограничиваясь лишь перераспределением солей, выражающимся в их удалении из пахотного горизонта и корнеобитаемой зоны профиля почвы вниз. Общий процесс засоления почв и грунтовых вод при этом может продолжаться.

Необходимо различать еще третью разновидность промывок, носящую уже характер коренной мелиорации засоленной почвы,— промывки солончаков на фоне действующего глубокого (2—3 м) дренажа. Данный тип промывок не только регулирует солевой режим почв путем усиления естественных процессов сезонного рассоления, но и уменьшает солевые запасы территории засоленных почв. Солевой баланс при этом типе промывок характеризуется уже преобладанием выноса их над привносом. Этот тип промывок следует применять при новом освоении пустующих солончаковых внутриоазисных пространств, имеющих близкие минерализованные грунтовые воды.

Успешность применения ежегодных и капитальных промывок в бездренажных условиях возможна лишь при невысоких коэффициентах земельного использования орошаемых территорий, при которых количество воды, промывающей соли и поступающей в избытке в грунтовые воды, в последующем балансируется испарением на пустующих неорошаемых территориях. Чем ближе грунтовые воды и чем выше их минерализация, тем сильнее приходится снижать коэффициент земельного использования при культуре засоленных почв в условиях бездренажного хозяйства.

Обычно устойчивое бездренажное орошаемое земледелие на засоленных почвах, склонных к засолению и требующих систематических промывок, возможно, как свидетельствует пример Ферганы, долины реки Вахш, Хорезма, Бухары, при коэффициенте земельного использования около 30—35%. При больших степенях засоления и более близких и минерализованных грунтовых водах, примером чего являются районы Мугани и Сальянской степи, коэффициент земельного использования при орошении засоленных почв в бездренажных условиях опускается до 15—20%.

Успешность проведения профилактических поливов, ежегодных и капитальных промывок засоленных почв ограничивается на почвах, склонных к засолению, некоторым отрезком времени. При профилактических поливах и ежегодных промывках легкорастворимые соли верхних горизонтов сбрасываются промывной водой в грунтовые воды. До тех пор пока минерализация грунтовых вод остается сравнительно невысокой, не более 8—10 г/л, профилактический полив и ежегодные промывки могут давать эффект. Однако в бездренажных условиях минерализация грунтовых вод засоленных почв под влиянием ежегодных профилактических поливов и промывок будет, хотя и очень медленно, расти. Поэтому на наименее дренированных территориях наступит момент, когда концентрация грунтовых вод окажется настолько высокой, что профилактический полив и ежегодная промывка будут не в состоянии разбавлять солевые растворы до концентраций, физиологически приемлемых для развития растений. С этого периода профилактический полив и ежегодные промывки перестанут давать эффект. Хозяйство принуждено будет либо забросить земельный участок, перейдя к использованию нового массива, либо строить дрены для применения мелиоративных промывок, уменьшающих солевые запасы почвы и грунтовых вод

Поэтому применение профилактических поливов и промывок без дренажа на засоленных почвах, имеющих минерализованные (более 8—10 г/л) грунтовые воды, лежащие ближе 2 м, следует воспретить. Применение промывок в этих случаях будет обязательно ухудшать мелиоративное состояние территории, повышая уровень грунтовых вод и способствуя засолению почв.

Глубокие дрены (2—3 м) должны сооружаться до начала промывок,— это основное условие правильной мелиоративной подготовки осваиваемой территории. В этих случаях при совместном воздействии промывок и глубокого дренажа происходит коренное изменение солевого баланса и солевого режима территории в сторону прогрессивного рассоления Период освоения сильнозасоленных почв (солончаки Центральной Ферганы и Мугани) может растянуться не более чем на 2—3 года, в течение которых промывки проводятся повторно. В случаях среднезасоленных почв повторные промывки могут заменяться зимними профилактическими поливами. Рассоление грунтовых вод под влиянием промывок, полива и дренажа растягивается на более длительный срок — до 15—20 лет и более.

Лишь после рассоления грунтовых вод до величины 3—2 г/л наступает гарантия полной устойчивой освоенности солончаков.

Оптимальным сроком проведения промывок необходимо считать октябрь — январь. В этот период грунтовые воды находятся на максимальной глубине, промываемая территория обладает наибольшей водоемкостью, испарение же является минимальным. Выпадающие в этот же период атмосферные осадки, а также конденсация почвенных и

атмосферных паров в верхнем пахотном горизонте почвы способствуют повышению эффективности промывок.

Для районов сульфатного засоления нежелательно затягивать промывки на период морозов, когда сернокислый натрий может выпадать из раствора в осадок под влиянием низких температур, снижая эффективность промывок (Фергана, Южная Мугань).

Весной промывок не следует допускать, так как в марте — апреле уровень грунтовых вод сильно повышается, водоемкость грунта падает, а испарение с поверхности почв начинает возрастать. Поэтому поздние промывки обычно дают низкий или даже отрицательный эффект.

Для промывок засоленных почв В. Р. Волобуевым, на основе анализа и обобщений опытных данных среднеазиатских и закавказских мелиоративных станций и исследований, рекомендуется следующая шкала норм воды:

Содержание солей, в %	Нормы, м³/га
0.5–1	3 250
1.0—1.5	5 250
1.5—2.0	7 250
более 2.0—3.0	10 250

Чем более засолены почвы, чем более тяжелый механический состав имеет почвообразующая порода, чем выше минерализация грунтовых вод и чем ближе к поверхности они залегают, тем относительно большие нормы воды требуются для промывок.

Для повышения эффективности действия промывки промывную норму воды необходимо распределять отдельными порциями по 1000—1500 м³/га.

Выбираемые для промывок нормы воды, сроки и техника проведения их должны быть таковы, чтобы к началу весенних работ уровень грунтовых вод на промываемом участке был не выше 1.5—2 м от поверхности, так как при более высоком залегании грунтовых вод высокая влажность почвы не позволит приступить к обработке поля.

Участок засоленных почв, намеченный для проведения промывок, освобождается от зарослей кустарников, солянок, тростников и кочек растений и подвергается глубокой вспашке, желательно с чизелеванием для разрыхления подпахотных глубоких горизонтов и повышения водопроницаемости. После этого производится планировка поля, малование и затем разбивка его сетью валиков на палы.

Чем хуже спланирована поверхность поля, тем большее количество валиков приходится делать. Так как валики при промывке не заливаются водой, они снижают ее эффективность. Желательно поэтому планировку производить таким образом, чтобы число валиков было минимальным.

Для того чтобы понизить водопроницаемость почвы и повысить эффективность промывок, необходимо проводить после вспашки и планировки окончательное выравнивание поверхности поля путем так назы-

ваемой утюжки, или малования Производить промывки на невспаханных, неспланированных и незамалованных почвах ни в коем случае не следует, так как расходование воды на промывку будет очень высоким, а эффективность низкая

В отдельных случаях, когда большие уклоны местности делают нецелесообразной промывку солончаков по палам, так как площадь валиков слишком возрастает, промывки следует проводить по бороздам, нарезая их по наименьшему уклону Как показал, однако, опыт Вахшской почвенно-мелиоративной станции Академии Наук, промывка по бороздам дает меньший эффект в смысле выщелачивания солей, но зато и сопровождается меньшим подъемом уровня грунтовых вод Вода для промывок затоплением должна подаваться по норме, достаточно сильной струей, но осторожно, чтобы предохранить валики на палах от прорывов

В случае необходимости проведения промывок на очень больших массивах рекомендуется, как показал опыт совхоза Пахта Арал, затопление при промывках вести через одну карту, для того чтобы незаливаемые площади позволили свободно отходить воздуху, выдавливаемому из промываемых карт В противном случае воздух, играя роль пробки, задержит нисходящие токи воды и снизит эффективность промывки Целесообразнее всегда начинать промывки с наиболее засоленных пониженных участков, требующих больше времени для промывания В последующем промывке подвергаются участки, расположенные по рельефу выше Рекомендуется сопровождать промывки химическим контролем Для этого во время промывок берут пробы почвы на глубину 50—70 см и качественной реакциеи на Cl устанавливают в них содержание солей Промывку следует прекращать, когда реакция на Cl будет обнаруживать лишь следы последнего (светлоголубоватый тон) В тех случаях, когда промывке подвергаются содовые солончаки (солончаки долины Аракса, северных степных областей), а также при промывке хлоридно натриевых безгипсовых или малогипсоносных солончаков (Кура-Араксинская низменность) и такыровидных солончаков, возникают явления солонцеватости Почвы разбухают, снижают или даже теряют водопроницаемость, повышается щелочность почвенного раствора Эффективность промывок снижается. В исключительных случаях промывка при этом может быть произведена лишь после предварительного применения химической мелиорации — внесение гипса в количестве до 10—20 т/га, кислых отходов промышленности, серы и др На Южной Мугани получены хорошие результаты также промывкой с помощью культуры риса Внесение химических веществ для мелиорации следует проводить двумя тремя порциями перед основной вспашкой, при чизелевании и с поверхности перед промывкой

В тех почвах, в которых на глубине 20—35 см залегает естественный гипсоносный горизонт, как, например, в некоторых солончаковатых солонцах или такырах, целесообразно перед промывкой произвести глубокую плантажную вспашку с выворачиванием гипсоносного гори-

зонта на поверхность и, по возможности, с полным оборотом пласта и последующим основательным рыхлением и перемешиванием вспаханной толщи для равномерного распределения гипса. В этих случаях промывка может дать положительный результат без дополнительного внесения химических веществ.

В некоторых оазисах (отдельные районы Кура-Араксинской низменности и Центральной Ферганы) хотя промывка проходит достаточно эффективно, все же физические и физико-химические свойства почвы после нее ухудшаются. Пахотный горизонт теряет структуру и сплывается, водопроницаемость резко падает, щелочность возрастает до 0.1% HCO_3. Пахотный горизонт медленно высыхает, мешая началу полевых работ, затем при высыхании быстро схватывается и цементируется с превращением в трещиноватые глыбы, с трудом поддающиеся обработке.

Для борьбы с подобным осолонцеванием почв после промывок Муганской опытно-мелиоративной станцией (А. А. Шошин) рекомендуется применение после промывок так называемого «перегара». После промывки поле весной занимают зерновыми, после которых его вспахивают и оставляют на все лето без боронования в глыбах, вплоть до осени. Под действием интенсивного нагревания солнцем почвенные коллоиды осолонцованной массы пахотного горизонта свертываются, глыбы распадаются на структурные агрегаты, щелочность же нейтрализуется атмосферной углекислотой. К осени пахотный горизонт приобретает комковато-зернистую структуру и рыхлое сложение.

В условиях низкой дренированности рассоляющее действие промывок оказывается недостаточным. Засоленность восстанавливается в большей или меньшей степени к концу первого же вегетационного периода после промывок. В зависимости от условий оттока грунтовых вод предшествующего поливного режима, уровня агротехники, восстановление (реставрация) засоленности почв после промывки может:

а) отсутствовать полностью — при хорошем естественном или действующем искусственном глубоком дренаже;

б) быть неполной — в условиях хотя бы частичного оттока грунтовых вод с помощью редких коллекторов;

в) быть полной — при отсутствии оттока грунтовых вод, когда требуются ежегодные промывки;

г) быть избыточной, когда степень засоления в конце вегетационного периода намного превышает предшествующее состояние почв и когда возможность получения урожая исключается.

Опасность реставрации засоленности после промывки может быть полностью снята лишь при наличии глубокого действующего дренажа или естественного оттока грунтовых вод. В условиях же бездренажных промывок необходимо настойчиво проводить комплекс специальных мероприятий, направленных против процесса реставрации засоленности.

В числе этих мероприятий наиболее эффективными являются непол-ное освоение солончаковых земель и учащение поливов промытых и

склонных к реставрации засоленных почв. Полив в этих условиях имеет назначение закрепить и усилить действие промывок, распространив его на вегетационный период. Поливные нормы при этом должны быть не больше дефицита влажности до полевой влагоемкости, но число поливов необходимо повышать на 1—2, иногда и 3 полива против обычного, с тем чтобы начало поливов было как можно раньше, межполивные периоды в июне — июле — августе были не продолжительнее 7—10 дней и последние поливы приходились бы на сентябрь — октябрь (хлопчатник, свекла).

Рассоляющий эффект промывок должен параллельно с поливами закрепляться посевом специальных культур-освоителей. В случаях среднезасоленных почв лучшей из культур-освоителей будет люцерна, высеваемая осенью или весной на фоне хорошо подготовленных почв (спланированных, промытых). Места изреженного стояния и полных выпадов люцерны вследствие засоленности должны получать усиленный полив и дополнительно подсеваться люцерной с целью создания ко второму году пребывания люцерны на поле сплошного мощного покрова.

В случаях сильнозасоленных почв и солончаков с близкими минерализованными грунтовыми водами целесообразнее в качестве переходных культур-освоителей высевать джугару, пшеницу, ячмень или просо, с высевом после них повторных культур, проведением второй промывки и осенним посевом люцерны.

Золотоордынской опытной станцией показано, что после промывок особо злостных солончаков, склонных к реставрации, лучше осваивать территорию хлопчатником как более солеустойчивым, чем люцерна, а затем через 2—3 года освоения переходить к нормальному севообороту. Еще больший эффект, надо полагать, дает в роли культуры-освоителя сахарная свекла, обладающая высокой солеустойчивостью.

Громадную роль в борьбе с реставрацией засоленности почв после промывок играют своевременность и тщательность всех видов механической обработки почвы — вспашки, боронования, мотыжения, культивации, как уменьшающих испарение и соленакопление в почвах.

6. Рассоление солончаков с помощью культуры риса

Возделывание риса, благодаря специфическим потребностям последнего, сьязано с затратой больших количеств оросительной воды, исчисляемых десятками тысяч кубометров на гектар. Поэтому иногда при освоении особо злостных, труднопромываемых солончаковых массивов, вместо промывок, требующих 10 000—15 000 м³/га воды, целесообразно использовать культуру риса.

В этих случаях задачи капитальных промывок и освоения солончаков сочетаются с возможностью получения урожая ценной продовольственной культуры. Использование культуры риса для рассоления со-

лончаков должно проводиться с большой осторожностью, по указаниям управления ирригационной системы и райводхоза.

Под плантации риса следует отводить те солончаковые земли, которые расположены не среди орошаемых массивов хозяйства, а на участках, достаточно удаленных от культурных земель,— в хвостовых частях систем или на периферии оазисов. Занимать под культуру риса мелкие солончаковые внутриоазисные перелоги нельзя, так как это приводит к заболачиванию и засолению окружающих прилегающих территорий.

Освоение солончаков с помощью культуры риса возможно разрешать лишь при о б я з а т е л ь н о м условии предварительного сооружения глубоких (2—3 м) дрен, окаймляющих участок и впадающих в глубокий действующий коллектор. Кроме того, дрены должны быть построены и на самом массиве, отводимом под рис. Число их определяется размерами участка.

Отведенные под культуру риса солончаковые земли подвергаются предварительной планировке и распахиваются на глубину до 20 см. После этого поле разбивается с помощью системы валиков на горизонтальные чеки размером до 0.1 га. Затем производится боронование и окончательное выравнивание поля с помощью малы, или утюга. Посев риса производится во взмученную воду после затопления чеков. Поливают рис обычно непрерывным затоплением, нормами воды до 35 000—50 000 м³/га брутто со сбросом 10—20%.

Как показали работы опытных станций СоюзНИХИ, совершенно необходимо применять вместо непрерывного затопления прерывистый полив риса, перемежая пятидневный полив пятидневными перерывами. В этих случаях оросительная норма может быть снижена до 13 000—20 000 м³/га.

Указанные оросительные нормы в случае исправно действующей дренажно-коллекторной сети вызывают хорошее рассоление почвы и грунтовых вод даже при самых высоких степенях засоления. При малом содержании гипса и хлоридном засолении солончаков иногда при этом повышается щелочность и развивается временная солонцеватость, вызывающая угнетение риса.

В случаях солонцеватых и тяжелых по механическому составу почв, подобных почвам Южной Мугани, целесообразно в дополнение к глубоким дренам строить мелкие частые (50—100 м) дрены глубиной до 1 м, которые будут отводить поливную воду, повышая интенсивность рассоления (А. А. Шошин).

При посевах риса на засоленных почвах без предварительного сооружения глубоких дрен и действующих глубоких коллекторов рассоление солончаков протекает неравномерно и значительно хуже и, кроме того, сопровождается сильным подтоплением и засолением прилегающей к участку плантации риса площади шириной до 100—150 м, выводя ее из строя.

Поэтому посев риса на территории оазиса без предварительного со-

оружения глубокой действующей дренажно-коллекторной сети ни в коем случае не должен разрешаться.

Рассоление солончаков с помощью культуры риса в бездренажных условиях, кроме того, не дает устойчивого эффекта, так как через год-два после этого засоленность не только может восстановиться, но и намного превысить исходное состояние, погубив сельскохозяйственные культуры, высеянные после риса. Примеров этому можно много найти и в Фергане и в низовьях Сыр-Дарьи.

Вследствие интенсивного подъема грунтовых вод почвы после уборки риса длительное время остаются переувлажненными. В условиях хорошо действующей дренажной сети спад грунтовых вод и физическая спелость почвы наступают значительно быстрее. После наступления физической спелости. поле распахивают и засевают озимым ячменем, являющимся одной из лучших культур-освоителей для засоленных земель, вышедших из-под риса.

При невозможности посева озимого ячменя и затяжке наступления спелости почв до следующего года производится возможно более ранний посев зерновых и зернобобовых культур. В случае необходимости после уборки зерновых и зернобобовых производится повторная промывка и высевается люцерна, либо же производится зяблевая вспашка и подготовка почвы для посева в будущем году пропашных (свекла, хлопчатник).

При очень высоких степенях засоления почвы и высокой минерализации грунтовых вод после культуры риса иногда в течение нескольких лет требуется проведение повторных промывок, которые со временем могут быть заменены профилактическими зимними поливами (В. М. Стец).

В случаях культуры риса на фоне мелких и неисправных дрен рассоление солончаков и грунтовых вод происходит неравномерно, ограничиваясь лишь перемещением солей вниз. Засоление почвы в последующие годы быстро восстанавливается, зачастую превышая исходное состояние, и земельный участок вновь выбывает из строя. Общая же площадь засоленных почв при этом расширяется за счет засоления прилегающей полосы.

Использование риса в целях рассоления солончаков должно производиться с большой тщательностью и осторожностью, как при выборе земельного массива (выбирать удаленные от культурных участков массивы), при мелиоративной подготовке территории (обязательная закладка глубоких дрен с обеспеченным оттоком), так и при назначении режима орошения (не допускать сверхвысоких оросительных норм).

7. Повышение солеустойчивости растений

Наряду с мероприятиями агротехнического, эксплоатационного и мелиоративного характера каждое хозяйство должно использовать для борьбы с засолением и его последствиями способы повышения солеустойчивости растений.

Наиболее доступными способами повышения солеустойчивости растений являются: отбор лучшего по качеству семенного материала, увеличение норм высевов, допосевная замочка и яровизация семян в воде и различных растворах.

Посев сельскохозяйственных растений на засоленных почвах семенным материалом не достаточно высокого качества не должен производиться, так как угнетение растений и выпады их от солей при этом будут значительно выше, чем на почвах незасоленных. Нормы высева на засоленных почвах необходимо повышать на 25—30% против обычных. Загущенные посевы, хотя и требуют больших расходов на семенной материал и в случае пропашных культур потребуют большей работы при прорывках и прореживании, обеспечивают более дружные всходы на засоленных почвах.

Предпосевная замочка, в особенности яровизация и проращивание, позволяющие семенам, высеянным на засоленной почве, быстрее пройти фазу набухания и начала развития и опередить процессы сезонного соленакопления, также должны быть обязательным приемом культуры засоленных орошаемых почв.

Для хлопчатника и зерновых доказана высокая эффективность предпосевной замочки семян растений, предназначенных к высеву на засоленных почвах, в солевых растворах, имеющих концентрацию солей 30—40 г/л (П. А. Генкель). Для этой же цели с успехом могут быть использованы соленые грунтовые или дренажные воды.

Еще больший хозяйственный эффект, в смысле повышения солеустойчивости сельскохозяйственных растений при посеве их на засоленных почвах, может дать допосевная замочка и яровизация семян в питательных растворах. Для этой цели могут быть использованы суперфосфат концентрации 2.5—5%, тукосмеси примерно в тех же концентрациях, а также суперфосфат и тукосмеси с добавками небольших количеств (0.01—0.07%) марганцевокислого калия или борной кислоты. Наилучший результат получается при добавке обоих соединений (Х. Аманов).

Значительных результатов в повышении солеустойчивости и урожая растений, возделываемых на засоленных почвах, можно добиться путем внесения удобрений и, в особенности, подкормок по ходу вегетационного периода. Эффективность удобрений на засоленных почвах, в смысле повышения урожая растений, относительно выше, чем на почвах незасоленных, хотя конечный хозяйственный эффект от удобрений на засоленных почвах оказывается несомненно менее высоким, чем на почвах незасоленных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы кратко рассмотрели агрономические и почвенно-мелиоративные мероприятия по предупреждению и борьбе с засолением почв при орошении. Эти мероприятия имеют общее значение для всей территории орошаемого земледелия СССР. Те мероприятия, которые носят харак-

тер, специфически связанный с особенностями отдельных оазисов, нами описаны в главе «Типы орошаемых оазисов СССР».

Каждое из рассмотренных нами мероприятий в отдельности при проведении в хозяйстве, системе и оазисе даст тот или иной положительный результат. Но устойчивый и эффективный характер мероприятия по борьбе с засолением приобретут лишь тогда, когда они будут проводиться в комплексе. В этом случае мелиоративный и хозяйственный эффект одного какого-либо мероприятия будет не просто суммироваться с эффектом от другого. Взаимодействие усилит эффективность каждого мероприятия.

Успешность борьбы с засолением при орошении и устойчивое хозяйственное освоение пустующих засоленных земель возможно лишь при подлинном знании природной и экономической обстановки конкретного хозяйства, определенной системы или оазиса в целом. Вместе с тем, они возможны лишь при настойчивом и последовательном, из года в год, проведении намеченных мероприятий по борьбе с засолением с постепенным расширением элементов их комплекса. Основными мероприятиями в жизни каждого колхоза и совхоза орошаемой зоны СССР в ближайший период будут следующие.

Систематическое улучшение технического состояния ирригационной сети.

Жесткое выполнение внутрихозяйственного плана водопользования и соблюдение водной дисциплины.

Постепенный охват планировкой всей поливной территории.

Введение правильных севооборотов с многолетними травами, сидерации, а также повторных и уплотненных культур.

Обязательное введение точных поливов по глубоким тупым бороздам, без сброса, с твердым выполнением сроков полива и увязки их с обработкой почв.

Осторожное и умелое применение профилактических поливов и промывок засоленных почв, находящихся в культуре.

Обсадка дорог, усадеб, ирригационной и коллекторной сети древесными насаждениями.

Постройка и поддержание в действующем рабочем состоянии глубокой хозяйственной дренажной сети на наиболее засоленных осваиваемых землях.

Добросовестное выполнение каждым колхозом и совхозом отмеченных мероприятий даст громадный мелиоративный эффект в масштабе ирригационной системы и оазиса.

Однако в пределах ирригационной системы и оазиса одновременно с мероприятиями внутрихозяйственного характера должна быть осуществлена система более общих мероприятий, в числе которых первоочередными и главнейшими являются:

Ограничение суммарного водозабора в головах ирригационных систем и твердое выполнение плана вододеления по районам.

Проведение мероприятий по уменьшению потерь ирригационной воды на фильтрацию.

Осуществление в пределах системы и оазиса лесозащитных насаждений и насаждений вдоль ирригационных каналов и коллекторов.

Осторожное регулирование коэффициента земельного использования оазиса (системы), с тем чтобы обеспечить оптимальный характер водного баланса.

Сооружение и поддержание в рабочем состоянии основной оазисной и внутрисистемной сети глубоких коллекторов, а также сбросов, обеспечивающих отвод воды в катастрофических случаях.

Засоление и заболачивание орошаемых почв своим происхождением уходит в досоциалистическое прошлое земледелия Средней Азии и Закавказья. Оно ни в какой степени не свойственно и совершенно нетерпимо в рамках социалистического земледелия Советского Союза. Отсутствие частной собственности на землю и воду, высокая техническая вооруженность, возможность планомерного применения новейших достижений науки и техники позволяют социалистическому земледелию СССР найти решающие пути для ликвидации причин, порождающих засоление почв, разработать мероприятия по борьбе с ним и осуществить их в кратчайший период.

V. A. KOVDA

LES PROCESSUS DE L'ACCUMULATION CONTEMPORAINE DES SELS DANS LES SOLS*

I. Problèmes de l'origine des sels

Les sels facilement solubles — NaCl, Na_2SO_4, $MgCl_2$, $MgSO_4$, $NaCO_3$ etc., — qui circulent et s'accumulent dans les sols salins, doivent leur origine à différents processus compliqués. Les sources principales des sels, comme nous le savons, sont les suivantes: la désagrégation des roches volcaniques — massives cristallines, différentes émanations des volcans et des magmas, roches sédimentaires salifères — maritimes et continentales.

Les données des recherches récentes nous permettent d'apprécier avec plus de précision le rôle que jouent ici les roches sédimentaires salifères et surtout les gisements de sels fossiles. Les gisements de sel-gemme dans les massifs des roches sédimentaires des époques dévonienne, permienne et tertiaire forment sous l'influence des mouvements tectoniques de la croûte terrestre des „dômes" de sel, présentant des plis souterrains de sel-gemme, qui rompent la couche des roches sédimentaires et sortent souvent sur la surface de la terre. Ces dômes, surtout s'ils sont rapprochés de la surface du sol, jouent un rôle important comme source de sels facilement solubles, trouvés dans les eaux superficielles et souterraines, ainsi que dans les sols de la région de leur gisement. On les rencontre bien souvent dans les régions de l'Oural, du Trans-Volga, en Asie Centrale, en Transcaucasie et, surtout, en Iran. Les énormes dimensions de ces dômes causent une salinisation par NaCl intensive et constante du territoire où ils se trouvent.

On peut juger de l'importance des dômes de sels pour les processus de la formation des sols salins d'après les données de nos calculs d'orientation du bilan probable des sels dans la partie septentrionale de la dépression Caspienne dans la région située entre les fleuves Oural et Volga (tabl. 1).

En analysant le problème de l'origine et du mouvement des sels sur la surface de la terre, nombre d'investigateurs (Pozpni, Linck, Vyssotzky,

---

* Перевод выполнен С. В. Моро, которой автор приносит большую благодарность.

Tableau 1

Bilan probable des sels dans la dépression Caspienne, dans les limites de la région, située entre les rivières Volga et Oural (en tonnes)

Sels apportés annuellement par:		Sels entraînés par:	
les eaux de l'écoulement superficiel fluvial	$3{,}5 \cdot 10^5$	l'écoulement fluvial (Volga et Oural)	$1{,}35 \cdot 10^6$
les dômes salins	$3{,}5 \cdot 10^6$	l'écoulement souterrain . .	$25 \cdot 10^6$

Dimo, Neoustrouev) ont attribué une grande importance au transport et àu dépôt des sels par l'air et les précipitations atmosphériques. D'après Clark on peut accepter que la quantité moyenne de sels facilement solubles, apportés par les précipitations atmosphériques et avec la poussière sur la surface de la terre ferme, varie entre deux et vingt tonnes par km² par an. Si on prend en considération que la quantité moyenne des sels facilement solubles emportée annuellement de la terre ferme, d'après les mêmes données, fait 26,4 t/km², l'apport des sels par voie éolienne peut atteindre parfois des quantités bien considérables.

Tableau 2

L'apport probable moyen annuel des sels so'ubles dans les bassins des fleuves Volga, Amou-Daria et Syr-Daria

Fleuve	Surface du bassin	Apport probable minimum des sels par le vent, en tonnes par km²	Apport probable total des sels dans le bassin, en tonnes par an	Sels entraînés par les eaux du fleuve dans l'embouchure, en tonne par an
Le Volga	1 401 949	2	2 800 000	8 000 000
L'Amou-Daria	308 804	10	3 090 000	226 000 000
La Syr-Daria	264 861	10	265 000	—

Le tableau 2 montre les résultats de nos calculs; on voit que la quantité des sels solubles, apportes par le vent dans les bassins des fleuves tels que le Volga, l'Amou-Daria, la Syr-Daria, peut atteindre de très grandes valeurs, formant de $^1/_3$ à $^1/_{70}$ du total, emporté par les eaux fluviales.

Mais de nos jours il nous semble tout à fait insuffisant d'examiner les processus de la migration et de l'accumulation des sels sans tenir compte du rôle joué par les organismes. Les investigations de l'académicien V. Vernadsky ont démontré la grande importance des organismes dans la détermination de la composition chimique des eaux des fleuves et des océans. „Les sols et les eaux marines sont liés en ce qui concerne leur chimisme et leur genèse... La composition de l'eau océa-

nique autant qu'elle se complète à présent par de la matière nouvelle, est réglée essentiellement par la vie, par la matière vivante, par son énergie".

Ces conclusions de si grande portée peuvent être à bon droit appliquées non seulement à l'océan, mais aussi au chimisme des sels, qui s'accumulent dans les eaux superficielles et les eaux souterraines, dans les sols et les sous-sols. Leur composition et les lois, régissant leur différentiation, sont déterminées à un degré considérable par l'activité de la couverture végétale. Nous avons réuni dans le tableau 3 les résultats des nombreuses données d'après littérature et de nos analyses de la composition chimique de la cendre de différentes plantes.

Tableau 3

La teneur de différentes plantes en éléments mineraux et composition de ces derniers

Groupes de plantes	Teneur en cendres (%)	Teneur en pour cent de la somme totale des cendres							
		Cl	SO_4	SiO_2	P_2O_5	Na	K	Mg	Ca
Halophiles grasses (succulentes) . .	40—55	15—17	10—25	0,06—0,04	0,06—0,4	22-30	1—3	0,3—2	0,03—1
Halophiles à demi-seches	20-30	4—15	3—15	2—4	1—4	12—26	2—84	2—3	3—6
Halophiles sèches,xerophyles, absinthes	10—20	3,5—9	4—11	1,5—5	11—13	4—9	4—12	0,5—1,5	4—12
Absinthes, graminées, legumineuses . .	<10	4—8	—	19	6-15	1—5	6—13	—	10—25

Les plantes des steppes et des déserts peuvent être divisées d'aprés la composition de leur cendre, ainsi que d'après le rôle qu'elles jouent dans le processus de la migration des sels sur la terre ferme, en quatres groupes suivants:

a) Halophiles grasses (succulentes) des solontchaks humides — elles sont caractérisées par une teneur maxima en cendres de 40 à 55 pour cent et une prépondérance des sels de NaCl dans leur composition. Les plantes, appartenant à ce groupe, maintiennent activement au cours de leur activité vitale prolongée la salinité des sols, qu'elles occupent, et contribuent par cela même à l'accumulation graduelle de SO_4, de Ca et de K dans les solontchaks, la teneur relative de ces sels dans les cendres des halophiles succulentes, étant habituellement plus haute que celle qu'on trouve dans les eaux souterraines.

b) Halophiles à demi-grasses des sols fortement salés avec nappe d'eaux souterraines profonde; elles contiennent de 20 à 30 pour

cent de sels, parmi lesquels les sulfates et les chlorures occupent à peu près la même place; les sels de sodium prédominent. La teneur en sels de calcium monte considérablement. Remplaçant dans le processus de l'évolution du relief les hallophiles grasses, les halophiles à demi-grasses contribuent à l'enrichissement du sol en sulfates de Ca et de K, ainsi que, partiellement, en composés de P et de SiO_2.

c) Les halophiles sèches, les absinthes et les xerophiles occupent les sols gris denses et salins, les solontsis (sols alcalins) et les sols solonetseux avec nappe d'eaux souterraines profonde; leur teneur en sels n'excède point 10—20 pour cent. Les composés de P, de S, de Ca et de K prévalent dans le total des sels, contenus dans ces plantes.

Nous voyons donc que les plantes, appartenant à ce groupe, contribuent à l'enrichissement du sol en éléments principaux de la nutrition des plantes, aussi bien qu'à la désalcalinisation du sol sans retenir en même temps dans leur tissues Cl, Na et Mg, en quantités plus considérables.

d) Les absinthes, les graminées et les légumineuses occupent les sols faiblement salés des steppes et des prairies; les éléments minéraux y constituent habituellement moins de 10 pour cent. Les composés de SiO_2, P, Ca et K prévalent dans leurs cendres; ces plantes contribuent à l'accomplissement des processus de la transformation des sols solonetseux en sérosems (sols gris), en sols châtains et en tchernosems, riches en SiO_2, P, S, Ca et K, Cl, Na et Mg ne sont presque pas du tout retenus par les tissus de ces plantes. Nous appelons ce dernier processus — le processus de la steppisation des sols.

On peut juger de la quantité des éléments minéraux, entrainés par les plantes dans le cycle biologique et dans la migration sur la surface de la terre ferme d'après les données suivantes.

Au stade des sols de prairies-marécageux 400 à 500 kg par hectare de différents éléments minéraux sont entrainés par la végétation dans le cycle biologique. Lors du stade des solontchaks et de sérosems salés des déserts la végétation entraine dans le processus de la formation du sol une quantité de sels beaucoup plus petite — pas plus de 25—100—200 kg par ha — au cours de la période de la végétation. Au cours du développement des sols de steppes et de la formation d'une couverture végétale continue composée de graminées et de légumineuses, au stade de sols châtains et de tchernosem, l'activité de la végétation s'accélère et des masses plus considérables des éléments mineraux en sont de nouveau entrainées annuellement dans le processus de la formation du sol — jusqu'à 200—350—500 kg par ha. L'apport annuel des éléments minéraux, comme suite de la mort et de la décomposition de la masse végétale, constitue en moyenne pour les steppes à peu près 300 kg par ha ou 30 tonnes par km². Tout cela nous permet de mettre à un certain degré les processus de la salinisation des sols et des sous-sols en rapport avec l'activité biogéochimique des organismes végétaux. Si on compare le taux de sels facilement solubles, apportés dans la mer Arale par les

eaux des fleuves Syr-Daria et Amou-Daria — 33 705 100 tonnes — avec la quantité probable de sels, migrant dans les bassins de ces fleuves lors de la salinisation des matières végétales — 16 000 000 tonnes — on voit que jusqu'à 50 pour cent de sels apportés annuellement dans la mer Arale et salinisant ses eaux proviennent des organismes végétaux.

La solubilité des composés de la cendre des plantes est très différente. Au cours de la décomposition de la masse végétale les sels facilement solubles, tels que NaCl, $MgCl_2$, Na_2SO_4 et $MgSO_4$, sont emportés en premier lieu par les solutions aqueuses. La mise en liberté des composés de SiO_2, de P, de S, de Ca et de K se trouvant dans les tissus végétaux et formant des composés moins solubles, s'accomplit beaucoup plus lentement.

En somme, par suite de l'existence des plantes et de leur activité, une séparation spaciale continue a lieu entre les sels facilement solubles — NaCl, $MgCl_2$, $MgSO_4$, Na_2SO_4 — et les composés moins solubles — $CaSO_4$, $CaCO_3$, $CaMg(CO_3)_2$, SiO_2. Les sels du premier groupe sont emportés avec les solutions du sol, les eaux souterraines et les eaux d'écoulement superficiel dans les océans et les contrées basses, privées d'écoulement des continents, tandis que les sels du second groupe sont retenus par les sous-sols et les sols des contrées élevées dans les régions de l'éluvium. La prédominance des plantes des groupes c) et d) sur la surface terrestre et la durée multiséculaire du cycle biologique des matières prédéterminent à un certain degré la richesse des dépots continentaux et des sols en $CaCO_3$, $CaSO_4$, ainsi qu'en composés secondaires de SiO_2, P_2O_5 et de K.

Dans les sols irrigués les sels, apportés par les eaux d'irrigation, jouent un très grand rôle dans les processus de la migration et de l'accumulation des sels. Les sels étant apportés aux champs irrigués des anciennes oases avec les eaux d'irrigation au cours de longs siècles, on peut bien s'attendre à ce que leur rôle dans les processus de la salinisation des sols irriguès devienne décisive, même si leur teneur dans les eaux d'irrigation est minime.

La minéralisation des eaux d'irrigation des plus grands systèmes d'irrigation de l'Union Soviétique atteint les valeurs de 0,2—0,4 g par litre (les fleuves Syr-Daria, Amou-Daria, Zeravchan).

Nos calculs pour les conditions de la Golodnaya Steppe ont montré que sa partie irriguée par les eaux de ce type reçoit annuellement jusqu'à 250 000 tonnes de sels. Le territoire en culture agricole faisant ici brut 200 000 ha, on peut compter que chaque ha de terrain irrigué doit recevoir en moyenne 1,4 tonne de sel par an, ce qui fait 140 g par 1 m^2. Dans le cas, où ces sels s'accumulent dans la couche arable, c'est-à-dire dans la couche supérieure de 20 cm, leur teneur augmente annuellement de plus ou moins 0,05 pour cent.

Nous voyons donc, que 20—30 années d'irrigation suffisent pour que la proportion des sels dans les sols auparavant non-salinisés approche la valeur de 1 à 1,8 pour cent, c'est-à-dire celle qui est caractéristique pour les sols fortement salinisés.

Cependant, les sels facilement solubles, apportés par les eaux d'irrigation, sont habituellement répartis non seulement dans la couche arable, mais dans la masse entière du sol (épaisseur de 70 á 100 cm), pénétrée par les racines des plantes, tandis que leur teneur maxima est observée dans la couche arable. C'est pour cela que l'intensité des processus de l'accumulation des sels sous l'action des sels amenés par les eaux d'irrigation sera beaucoup moindre. Outre cela une partie de sels est habituellement emportée par les eaux souterraines. Tout de même, dans les systèmes d'irrigation ayant des eaux même de meilleure qualité, mais privés d'écoulement, les processus de l'accumulation des sels aux dépens des eaux d'irrigation peuvent commencer à se manifester 50—70 ans après le début de l'irrigation, surtout dans les parties périphériques des oases. Les eaux d'irrigation dans nombre de systèmes d'irrigation — vallée de la rivière Vakch et la dépression de Koura-Arax — renferment une quantité de sels 2—3 fois plus grande: 0,8—1 g par litre. En pareils cas l'accumulation des sels, causée par l'irrigation est excessivement accélérée.

Nos calculs ont montré, par exemple, que dans les sols de la partie du nord de la vallée de la rivière Vakch de 70 000 à 80 000 tonnes de sels solubles restent avec les eaux d'irrigation, ce qui fait pour la couche arable à peu près 0,05—0,15 pour cent.

Le rôle des eaux d'irrigation, comme sources de sels, s'accroit selon l'état du drainage de la surface irrigué et la quantité des eaux d'irrigation apportées dans l'oase, qui y restent, y sont évaporées et transpirées. Pour éliminer l'effet nocif des eaux d'irrigation, comme source de sels, il faut effectuer périodiquement des lavages de la couche arable et de l'horizon habité par les racines des plantes pour emporter hors de l'oase avec l'excès des eaux de lavage les sels qui y restent après l'irrigation. Il faut de même ne pas perdre de vue la partie des eaux qui se perdent dans le système d'irrigation comme eaux d'infiltration et font jusqu'à 50 pour cent de l'eau dispensée, alimentent les eaux souterraines de l'oase irriguée et y complètent incessamment les réserves de sels facilement solubles en favorisant ainsi le développement des processus de la salinisation de cette oase. C'est pour cela que la limitation la plus complète de la dépense excessive d'eau présente pour chaque système d'irrigation le moyen le plus important, le plus facile à exécuter et le plus efficace en même temps pour prévenir et afaiblir les processus de l'accumulation des sels.

II. Les processus de l'accumulation contemporaine des sels

Il faut distinguer les processus de l'accumulation des sels dans les eaux souterraines, dans les solutions du sol et dans les sous-sols. Chaque branche de ce processus général de l'accumulation contemporaine des sels est caractérisée par des traits et des lois individuels.

1. Les processus de l'accumulatio n des sels dans les eaux souterraines

Le facteur essentiel qui régit les processus de l'accumulation des sels dans les eaux souterraines — sans compter le chimisme des horizons perméables et des sources alimentant les eaux souterraines, la réaction entre les sels et la roche perméable, etc. — est l'évaporation des eaux souterraines par la surface du sol. La perte des eaux souterraines par transpiration et surtout par évaporation, s'accroît d'autant plus que leur nappe se rapproche plus de la surface du sol. Nous voyons donc que plus proche est la nappe des eaux souterraines de la surface et plus grande est la partie des eaux évaporées à la suite de l'écoulement restreint et de la sécheresse du climat, plus forte est aussi la proportion des sels qui s'y accumulent. Depuis la profondeur de 4—5—6 m déjà les eaux souterraines acquièrent une minéralisation élevée de 10 à 20 g par litre. A la profondeur de 2,5—3 m la perte des eaux souterraines par transpiration et évaporation devient assez considérable et leur salure monte jusqu'à la valeur de 20—40 g par litre. La nappe des eaux souterraines n'étant pas plus profonde que 1,5—2 m, leur perte totale par transpiration atteint des valeurs immenses (15 000 — 20 000 m^3/ha) et la concentration des sels monte conséquemment jusqu'à 70—100 g par litre. L'action salinisante exercée par les eaux souterraines sur les sols s'accroît parallèlement.

Il s'en suit qu'une des tâches les plus essentielles imposées aux systèmes de prévention et de lutte contre la salinisation des sols, est celle de maintenir le niveau des eaux souterraines à la profondeur de plus de 2—2,5 m.

Le taux des sels accumulés dans les eaux souterraines atteint rarement les concentrations de 100—150 g par litre. En URSS la concentration des sels de plus ou moins 200 g par litre est la limite-maximum de l'accumulation des sels dans les eaux des nappes superficielles et profondes. La proportion la plus fréquente de la teneur en sels des eaux souterraines, gisant sous des sols salins, est celle de 15 à 30 g par litre.

Nous savons que dans les eaux superficielles l'accumulation des sels atteint de très grandes valeurs. Dans les eaux des lacs, tels que les lacs-d'Elton, de Baskountchak et de Touskané, le taux des sels vers la fin de l'été s'élève à 400—500 g par litre.

Les processus de l'accumulation des sels dans les eaux souterraines se développent par stades. Ces derniers correspondent à l'accroissement du taux des sels dans les eaux souterraines. Dans différentes régions naturelles les mêmes stades de l'accumulation des sels interviennent en présence de différentes concentrations des sels dans les eaux souterraines. On distingue:

a) Le stade des eaux silico-alcalines; concentrations des sels $<$1—3 g/l. Traits caractéristiques: saturation successive de la solution par des composés de silicates et prédominance de $Na^{\cdot}$ et de $Mg^{\cdot\cdot}$.

b) Le stade des eaux carbonatées-calciques; concentration pes sels — 3—5 g/l. Traits caractéristiques: saturation graduelle de la solu-

tion par des bicarbonates de Ca et sédimentation de différents composés de silice et du carbonate de Ca.

c) Le stade des eaux chloruro-sulfatées; intervient lors d'une minéralisation de 5 à 10 g/l (les dépressions — Caspienne et de Koura-Araxe, la vallée de la rivière Vakch), de 20 à 30 g/l (la Golodnaya Steppe), de 70 à 100 g/l (les oases des Boukhara et de Ferghana). Au cours de ce stade les eaux souterraines subissent une saturation graduelle par des sulfates. Trait caractéristique: sédimentation continue des composés de silice, du carbonate de Ca, des sulfates de Ca et, en partie, des sulfates de Na.

d) Le stade des eaux sulfato-chloruriques est le stade le plus mûr du processus général de l'accumulation des sels minéraux. Il intervient quand la nappe des eaux souterraines est à la profondeur de 0,5—1,5 m. Le taux des sels minéraux n'est par moins de 10—20 g par litre; habituellement il fait 30—50 g/l, tandis que dans les boues salines on en trouve 150—200 g par litre. Le trait caractéristique de la solution est sa saturation par des silicates, des bicarbonates de Ca et de Mg, des sulfates de Ca et de Na, accompagnée par leur précipitation simultanée.

Tableau 4

Caractéristique comparée du degré de minéralisation et de la composition des sels dans les solutions du sol et dans les eaux souterraines de la vallée de Ferghane et de la Golodnaya Steppe

Solution	Minéralisation générale en g/l au commencement de la prédom. de Cl sur SO_4	Minéralisation générale en g/l au commencement de la saturation de la solution par les sulfates	Concentration de SO_4 à l'état de saturation de la solution par les sulfates, m-equiv.	Minéral. en g/l au commencement de la prédom. de Mg sur Ca	Minéral. en g/l au commencement de la saturation de la solution par les sels de Ca	Concentration de Ca' au commencement de la saturation de la solution par les sels de Ca, m-équiv.	Type de salinisation
La vallée de Ferghana							
a) Solution du sol . .	250	250	—	3—5	3—5	27—30	$Cl < SO_4$ $Na < Mg > Ca$
	N'intervient pas		Avec 2680 n'intervient pas				
b) Eaux souterraines	100	100	800	Jusqu'à 60 100 n'intervient pas		220	$Cl < SO_4$ $Na \lesssim Ca$ et Mg $Ca \lesssim Mg$
La Golodnaya Steppe							
a) Solution du sol . .	45—50	270	2000	5—8	Jusqu'à 5	30—40	$Cl \gtrsim SO_4$ $Na \lesssim Mg > Ca$
b) Eaux souterraines	20	40	250	12	10	100	$Cl \lesssim SO_4$ $Na > Mg > Ca$

Dans les limites d'une certaine région physico-géographique (deltas, cônes d'alluvions) ou d'un massif irrigué, les eaux souterraines se rangent zonalement d'après leur teneur en sels et la composition de ces derniers — depuis les eaux carbonatées et chloruro-sulfatées des centres de l'alimentation, à minéralisation la plus faible, et jusqu'aux celles de la périphérie, à minéralisation maximum.

Mais les donnéee du tableau 4 nous montrent que dans chaque grande région de l'accumulation des sels leur taux et leur composition dans les eaux souterraines ont leurs traits individuels.

Ainsi, la dépression de Koura-Arax représente une région de salinisation chloruro- et sulfato-chloruro-sodique á forte proportion de Mg. La dépression Caspienne (la région entre l'Oural et le Volga) est une région d'une salinisation chloruro- et sulfato-chloruro-Mg-sodique. La vallée de la rivière Vakch représente aussi une région de salinisation sulfato-chlorurés, mais avec forte proportion de sulfates et une teneur minimum de Mg. Les eaux souterraines de Golodnaya Steppe avec un taux de sels moins de 20 g par litre sont des eaux chlourro-sulfatées, mais elles deviennent sulfato-chloruro-sodiques quand leur teneur en sels augmente.

Les eaux souterraines de l'oase de la Boukhara sont caractérisées, jusqu'á une très grande teneur en sels (60—70 g/l), par une prédominance des sulfates sur les chlorures et une teneur à peu près égale en Na et Mg.

Les eaux souterraines de la vallée de la Ferghana avec teneur générale de sels faisant 100 g par litre, se distinguent de celles des autres régions d'accumulation des sels par la prédominance absolue des sulfates sur les chlorures et une teneur exceptionellement grande en Ca, qui surpasse souvent celle de Mg et de Na.

La région du cours inférieur de l'Amou-Daria présente un exemple rare des conditions, où les shlfates et les chlorures à tous degrés de minéralisation sont présents en concentrations presque égales.

La dépression de la Sibérie Occidentale occupe de même une position bien particulière — ses eaux souterraines sont presque toujours caractérisées par une haute teneur en soude et une prédominance des chlorures sur les autres sels, même aux plus bas degrés de leur minéralisation.

2. L'accumulation des sels dans la solution du sol

Les sels, renfermés dans les solutions du sol des régions irriguées, doivent leur origine aux eaux souterraines et aux eaux d'irrigation. Une certaine partie de ces sels est formée par les sels résiduels, provenant des stades précédents du processus de la formation du sol. Dans les sols cultivés une certaine partie de sels, présents dans la solution du sol, est due aux engrais appliqués.

L'évaporation de l'eau capillaire, qui remonte les eaux souterraines vers la surface, amène une accumulation des sels dans les sous-sols et les horizons du sol; des zones de la précipitation des sels, qui atteignent l'état de saturation de la solution, se forment dans la masse des sols et des sous-sols. Dans les horizons les plus profonds, gisant au-dessus de la

nappe souterraine, le carbonate de Ca est précipité et forme un horizon de carbonates. Le taux de $CaCO_3$ peut atteindre parfois 30—50 pour cent de la masse du sol.

Au-dessus de la zone de l'accumulation de $CaCO_3$ un horizon de l'accumulation du gypse se forme; la solubilité du gypse étant plus grande, il peut monter de la nappe souterraine à une hauteur considérable. La teneur en gypse du massif des sous-sols peut atteindre 30—40 pour cent, et parfois même 70—80 pour cent de $CaSO_4 . 2H_2O$ de la masse des sous-sols.

Les sels le plus facilement solubles et les bicarbonates et les sulfates de Ca, qui saturent la solution, montent jusqu'à la surface du sol et forment là, où la solution du sol s'évapore complétement, des efflorescences et des accumulations de sels facilement solubles en forme d'horizons salins spongeux et croûteux. Il se forme une troisième zone d'accumulation des sels — zone superficielle, qui mène à la formation d'une croûte saline, où nous voyons une accumulation non seulement des sels facilement solubles — NaCl, Na_2SO_4, $MgCl_2$, $MgSO_4$, — mais aussi d'e $CaSO_4$ et de $CaCO_3$. Le sulfate de Ca se cristallise dans les horizons superficiels du sol en forme de $CaSO_4 1/2H_2O$, et dans les horizons profonds — en forme de $CaSO_4 2H_2O$. L'élément le plus typique des croûtes salines et des horizons salins spongeux est Na_2SO_4.

La teneur maximum des sels dans les couches superficielles des solontchaks atteint dans les régions méridionales de l'URSS (Tadjikistan, Ferghana, Boukhara) la valeur de 30 à 60 pour cent, au sud de Kazakhstan — 20—40 pour cent et dans les semi-déserts et les steppes arides — 3—5—10 pour cent.

La composition chimique des horizons superficiels salifères des solontchaks est caractérisée pour la plupart par une prédominance des sulfates sur les chlorures.

Les solontchaks de la dépression Caspienne et de la vallée de la rivière Vakch y font une exception. On voit que même quand le degré de la salinisation du sol n'est ici que minime (0,5 pour cent), les chlorures y prédominent sur les sulfates.

Les processus de l'accumulation des sels dans les solutions du sol diffèrent considérablement des processus pareils ayant lieu dans les eaux souterraines, comme on peut en juger d'après les données de tableau 5.

Durant la plus grande partie de l'année les solutions des sols salins et non-salins de la Ferghana et de la Golodnaya Steppe sont saturées par des composés de R_2O_3, SiO_2, $CaCO_3$, $CaSO_4$; on peut observer ici une précipitation continuelle de ces sels. Il se forme souvent des horizons fortement cimentés imperméables à l'eaux et aux racines des plantes.

Le degré de minéralisation des solutions des sols salins s'élève principalement aux dépens des sulfates et des chlorures de Na et de Mg. Dans les eaux souterraines cet effet a été dû à NaCl. Contrairement aux eaux souterraines les solutions des solontchaks sont excessivement chargées de nitrates (30—50 g de NO_3 par litre) et de silicates (150—200 g de SiO_2 par litre). Outre cela les solutions du sol se distinguent par une accumu-

Tableau 5

Rapport entre les traits caractéristiques des processus de l'accumulations des sels et les conditions naturelles

Conditions naturelles	Degrés maxima de minéralisation des eaux en g/l			Teneur moyenne en sels de l'horizon supérieur des solontchaks (%)	Sels, caractéristiques pour les solontchaks	Salinisation secondaire lors de l'irrigation
	fluviales	souterraines	des lacs salins			
Déserts . .	20—90	200—220	350—450	15 - 25	NaCl $NaNO_3$ $MgCl_4$ $MgSO_4$ $CaSO_4$	Très répandue
Sémi-déserts	10—30	100—150	300—330	5—8	NaCl Na_2SO_4 $CaSO_4$ $MgSO_4$	Rencontrée souvent
Steppes . .	3—7	50—100	100—250	2—3	Na_2SO_4 NaCl Na_2CO_3	Rencontrée rarement
Forêts-steppes	0,5—1,0	1—3	10—100	0,5—1,0	Na_2CO_3 Na_2SO_4 Na_2SiO_3	Inconnue

lation beaucoup plus grande de $MgSO_4$ et de Na_2SO_4 que celle que l'on trouve dans les eaux souterraines de concentrations correspondantes. Par contre les sels de Ca sont présents dans les solutions du sol en quantités incomparablement moindres, que dans les eaux souterraines. Les solutions du sol à haute teneur de sels minéraux (250—300 g par litre), propres aux sols fortement salins, se caractérisent par une saturation par les sulfates de Mg et de Na, qui se précipitent et enrichissent le sous-sol et tous les horizons du sol. Quand la concentration de la solution du sol atteint la valeur de 350 à 420 g par litre une saturation de la solution par NaCl commence à se révéler et la transition de ce dernier en phase solide s'accomplit. Les sels, tels que $MgCl_2$ et $CaCl_2$, en règle générale n'atteignent point l'état de saturation de la solution à l'éxception des croûtes salines, qui se forment en été sur la surface du sol.

3. L'accumulation des sels dans les sols et les sous-sols.

$CaMg(CO_3)_2$, $CaCO_3$, $CaSO_4$, Na_2SO_3, ainsi que les composés de R_2O_3 et de SiO_2, sont les éléments les plus typiques, qui prennent part aux processus de l'accumulation des sels dans les sous-sols et les sols. Nous constatons donc dans la phase solide des sous-sols et des sols une accumulation des composés le moins solubles.

Les limites de l'accumulation des sels dans les solutions du sol salin sont beaucoup plus larges, que celles, propres aux eaux souterraines.

La concenrtation des sels dans les solutions des sols très fertiles non-salins atteint au cours de la période de végétation la valeur de 5 à 15 g par litre avec un léger maximum dans les horizons supérieurs. Dans les sols solontchaqueux, sur les quels la croissance des plantes cultivées est fortement contrariée, la concentration des sels dans les solutions du sol des horizons, habités par les racines, atteint de 20 à 60 g par litre et monte en été jusqu'à 100—150 g/l. Dans les sols fortement salins et les solontchaks sur lesquels le développement des plantes cultivées n'est plus possible, la concentration des sels dans la solution du sol monte dans la couche arable pendant la période de végétation à 150—400 g par litre.

Par conséquent, la pression osmotique de la solution des sols fertiles non-salins ne surpasse point 2—3 atm au cours de la période de végétation, tandis que dans les sols fortement salins et les solontchaks elle atteint 30—50 atm, ce qui restreint la possibilité du développement des plantes cultivées. En hiver sous l'influence des précipitations atmosphériques la concentration des sels dans les solutions du sol, même dans les solontchaks, diminue considérablement. Mais en été, l'évaporation intense des eaux des nappes superficielles et profondes cause un accroissement brusque de la concentration des sels dans la solution du sol qui atteint son maximum au mois d'août ou au mois de septembre. Les arrosages, s'ils sont effectués avec assez de soin, peuvent diminuer la concentration des sels de 1,5 à 2 fois, ce qui permet aux plantes de se développer.

Pourtant, dans le cas de sols salins, à solutions très concentrées, les arrosages provoquent des sauts brusques de l'alcalinité de ces dernières; l'alcalinité monte ici parfois de pH 7,5 à 9,0. Cela a lieu lors de l'arrosage des solontchaks insuffisamment lavés ou bien lors de la culture du riz sur de pareils sols. L'accroissement de l'alcalinité gêne dans ces cas la végétation et cause parfois même la mort des plantes cultivées. Il s'en suit donc qu'il est inadmissible d'ensemencer des sols solontchaqueux sans bon lavage préliminaire. C'est seulement lors d'une grande dilution de la solution saline du sol que l'accroissement de l'alcalinité après l'arrosage s'affaiblit. Les sols fortement salinisés doivent donc recevoir des normes d'eau plusieurs fois plus grandes que les sols non-salins et doivent être arrosés 2—3 fois de plus que ces derniers.

Il est caractéristique pour ces régions qu'on y trouve beaucoup de dômes de sel-gemme (NaCl), ce qui est évidamment la cause décisive de la richesse de cette région en chlorures.

III. Lois géographiques de l'accumulation contemporaine des sels dans les sols et les sous-sols

1. Les surfaces de l'accumulation contemporaine des précipités chimiques dans les sols et les sous-sols

La surface géographique de l'accumulation des précipités chimiques dans les sols est d'autant plus grande (à l'exception des régions arides et de la région humide) que la solubilité de ces composés est moindre et que la

vitesse de la saturation des eaux souterraines par ceux-ci est plus grande. La surface la plus vaste, embrassant même les régions humides, est celle de l'accumulation des composés de silice et de fer. La surface de l'accumulation des carbonates de Ca est plus petite, mais elle renferme tout de même la région des steppes, des semi-déserts et des déserts. La surface d'accumulation du gypse est beaucoup moins large que celle de l'accumulation du carbonate de Ca; elle embrasse surtout les steppes arides, les semi-déserts et les déserts. La surface de l'accumulation des composés facilement solubles, tels que KNO_3, $NaNO_3$, NaCl, $MgCl_2$, $MgSO_4$ et $CaCl_2$, est la plus restreinte; elle corresponde aux sols des régions les plus arides et privées d'écoulement. Les carbonates alcalins occupent une place à part; leur domaine tend vers les régions des forêts-steppes et des steppes humides, privées de gypse.

Conformement à la solubilité différente des sels et leurs zones d'accumulation, il s'établit une succession horizontale régulière des régions d'accumulation des précipités chimiques. Les contours généraux de cette régularité furent représentés schématiquement par Polynov, Fersman et Poustovalov. D'après ces schèmas les composés qui furent précipités dans la zone, qui leur correspond, ne se précipitent plus dans les zones suivantes.

Nous proposons une modification de ces schèmas avec quelques compléments essentiels. Chaque composé, qui prend part au processus de l'accumulation des sels dans la solution, ayant atteint l'état de saturation, vient se précipiter en enrichissant les sols et les sous-sols. Il s'établit à partir de ce moment une limite extérieure de la zone de l'accumulation du composé donné. Mais ensuite, quand chaque composé difficilement soluble aura atteint l'état de la saturation de la solution, l'accumulation des sels dans les sols et les sous-sols sera causée non par ces composés nouveaux, mais par la somme des composés, qui ont déjà atteint cet état auparavant. C'est pour cela que dans chaque zone de précipitation des composés chimiques vont se précipiter les composés, qui atteignent à nouveau l'état de saturation de la solution, et ceux qui ont chargé la solution auparavant et qui s'étaient précipités dans les zones précédentes.

Conformement à cela, dans la direction horizontale, aussi bien que dans la direction verticale, du mouvement et de l'évaporation des eaux souterraines superficielles et profondes, c'est-à-dire le long du profil des sols de bas en haut, de même que le long du relief, les zones suivantes de l'accumulation des sels et de la précipitation des composés chimiques se forment:

a) zone des sesquioxydes et de la silice;

b) zone du carbonate de Ca, du gypse, des sesquioxydes et de la silice;

c) zone du sulfate de Na, du gypse, du carbonate de Ca, des sesquioxydes et de la silice;

d) zone des nitrates, des chlorures, des sulfates des terres alcalines et des alcalis, du gypse, du carbonate de Ca, des sesquioxydes et de la silice.

2. Coïncidence de l'accumulation contemporaine des sels avec les régions du climat chaud et sec

Les centres de l'accumulation contemporaine des sels dans les sols et les sous-sols sont étroitement liés avec les limites du climat chaud et sec et les régions du relief accumulatif. Les phénomènes les plus typiques et le mieux prononcés de l'accumulation contemporaine des sels coïncident avec les régions du climat continental extra-aride des déserts, où les eaux fluviales, des lacs, et les eaux souterraines superficielles et profondes acquièrent le degré de minéralisation maximum (les eaux fluviales — jusqu'à 30 à 90 g/l, les eaux souterraines — 200 — 220 g/l, les eaux des lacs et les solutions du sol — 350 — 450 g par litre). Les chlorures de Na et de Mg y jouent un rôle très important dans la composition des sels. Il en est de même des nitrates. Dans les horizons solontchaqueux les sels s'accumulent en quantités, s'élevant jusqu'à 15—25 pour cent.

Les processus de l'accumulation contemporaine des sels moins prononcés sont caractéristiques pour les autres régions du climat continental chaud et sec des sémi-déserts, des déserts et des forêts-steppes. Pourtant, dans ces régions les plus hauts degrés de minéralisation des eaux des lacs et des eaux souterraines superficielles et profondes n'atteignent pas les valeurs, propres aux régions désertiques (tabl. 5).

A fur et à mesure que le degré de l'aridité et les traits caractéristiques du climat continental deviennent moins prononcés vers le nord de l'Eurasie et vers les régions du climat maritime, l'intensité des processus d'accumulation des sels diminue aussi; cela concerne non seulement les surfaces atteintes par la salinisation, mais aussi la variation de la composition des sels, qui s'accumulent: les nitrates et les chlorures (de même que les sulfates de Mg dans les régions les plus humides) disparaissent, tandis que la proportion des sulfates de Na, des bicarbonates et des carbonates des alcalis s'accroît.

Tout de même, dans les régions des steppes les processus de l'accumulation des sels atteignent encore des valeurs considérables. On trouve ici parfois des rivières dont les eaux renferment de 3 à 7 g de sels par litre, des eaux souterraines dont le degré de minéralisation monte jusqu'à 50—100 g/l et des lacs salins avec une teneur en sels de 100 à 250 g par litre. Dans les horizons superficiels des solontshaks les sels accumulés font de 3 à 2 pour 100.

Dans la région de la forêt-steppe les processus de l'accumulation des sels sont relativement rares, mais même ici dans des conditions spécifiques du relief, ils atteignent quelquefois des valeurs assez considérables (tabl. 5).

Les phénomènes de la salinisation secondaire des sols qui ont lieu pendant l'irrigation, sont pour la plupart observés dans les régions désertiques. Dans les sémi-déserts les cas de salinisation secondaire sont fréquents aussi, mais les surfaces, où elle se manifeste, ne sont pas grands (la région du Bas Transvolga, le Caucase du Nord). Dans la

région des steppes ce phénomène est relativement rare et n'est pas de nature menaçante. Dans la région de la forêt-steppe, à notre connaissance, des cas d'une salinisation secondaire n'ont jamais été enregistrés.

3. Coincidence des processus de l'accumulation des sels avec les regions d'accumulation et les depressions du relief

Les processus de l'accumulation contemporaine des sels ont la tendence de se rattacher à certaines conditions de la géomorphologie et du relief de la région, qui amènent un haut niveau de la nappe des eaux souterraines et la formation d'un bilan d'humidité régi essentiellement par les facteurs d'évaporation des eaux souterraines, superficielles et profondes (le „type de bilan d'humidité compensé par l'évaporation", d'après notre terminologie).

C'est pour cela donc que dans les régions du climat continental chaud et sec la condition nécessaire la plus générale de la formation des sols salins est la présence des types accumulatifs de la surface (deltas des fleuves, terrasses des rivières alluviales, inférieures) et dans les limites de ceux-ci — des formes négatives du macro- et du mezo-relief.

Les régions où on trouve maintenant des sols salins, sont, au point de vue de leur orographie, situées dans de vastes dépressions centrales du continent, entourées par des chaînes de montagnes, représentant des bassins-collecteurs des sels, où ces derniers sont mobilisés et où ils migrent, s'accumulant ensuite des processus de l'évaporation dans les vallées centrales, privées d'écoulement.

Un exemple classique de pareilles conditions orographiques représentent les déserts solontchaqueux de l'Iran Central (le Grand Kévir), bordés par les chaînes de montagnes des systèmes de Zagrom, d'Elbrus et de Hindoukouch. Le même effet est observé dans la dépression de la Sibérie Occidentale, entourée par les chaînes de l'Altaï, de l'Oural, les élévations du plateau de la Sibérie Centrale, des Saïannes et de la Contrée ridée du Kazakhstan. Un tableau analogue présente la dépression de Touran (Tourkestan), encerclée par les montagnes du Tian-Chan, du Pamir-Altaï, du Kopet-Dag, la Contrée ridée du Kazakhstan l'Oust-Ourt et le Mangychlak.

Une autre loi générale de la géographie des centres de l'accumulation contemporaine des sels consiste en ce qu'ils sont situés pour la plupart dans les parties des grandes plaines alluviales, habituellement insuffisamment drainées, se trouvant sur le rive gauche, dans les limites des terrasses I et II. Le complex des terrasses de la rive droite est, à cause de la déviation des fleuves à droite, pour la plupart moins développé et comme règle, bien drainé. C'est la cause de ce que les phénomènes de la salinisation y sont beaucoup moins indiqués ou bien y sont tout à fait absents. Le développement des centres de l'accumulation contemporaine des sels est dû à la formation dans les parties de rive gauche des

grandes plaines alluviales de nombre de barrières tectoniques ou résiduelles et de batardeau retenant et empêchant l'écoulement des eaux fluviales et des eaux souterraines. On peut discerner cette régularité — en modifications différentes — dans les parties de la rive gauche des plaines alluviales de l'Amou-Daria, du Syr-Daria, de l'Arax, du Vakch etc.

Encore une loi générale de la géographie des processus de l'accumulation contemporaine des sels se manifeste dans la tendance des sols salés et des eaux souterraines minéralisées à se former dans les parties négatives du macro- et du mézo-relief, telles que: différentes dépressions des anciens lits des cours d'eau, les lits déséchés des rivières, les dépressions des lacs et des marais, les vallons entre les monts etc. C'est dans ces conditions du macro- et du mézo-relief que deviennent possibles la remontée en surface de la nappe des eaux souterraines, leur afflux latéral et leur perte essentiellement par évaporation causée par la hauteur du plan d'eau.

La salinisation secondaire des sols lors de l'irrigation comme le montrent les exemples de la vallée de Vakch, de la Golodnaya Steppe, de Ferghana, de l'oase de Boukhara et du Khoresme, correspond en sa forme la plus prononcée aux éléments négatifs du micro-relief. Cela s'explique par le fait que la remontée des eaux souterraines après l'irrigation se manifeste le plus clairement dans les parties négatives du relief, représentant des collecteurs des eaux superficielles et souterraines, ainsi que des sels qu'elles apportent.

4. Les provinces principales des processus de l'accumulation contemporaine des sels

Le processus de la formation des sols salins en URSS a lieu sur un territoire vaste depuis la Yakoutie jusqu'au Tadjikistan. On peut distinguer sur cette immense étendue plusieures „provinces de l'accumulation des sels", représentant de grandes surfaces caractérisées par des conditions climatiques analogues et une composition stable des sels qui s'y accumulent, dans les eaux souterraines et les sols. Dans chacune de ces provinces on peut discerner certaines „régions" de l'accumulation des sels, dont les surfaces sont déterminées par les limites géographiques locales. Faute de place, nous ne donnons point de caractéristique des „régions de l'accumulation des sels" qui se distinguent habituellement par l'originalité du chimisme de leur sels.

a) La province de l'accumulation des nitrato-chlorures et des sulfato-chlorures, correspondant aux déserts extra-arides et arides de notre continent, y compris les régions de Touran, d'Iran et de la mer Caspienne. Les sols salins sont situés dans les plaines alluviales anciennes, sur les terrasses et dans les deltas.

b) La province de l'accumulation des chloruro-sulfates correspond aux semi-déserts et aux steppes; elle coïncide avec la région de la mer Noire, du Caucase du Nord, du Volga — Oural et du Kazakhstan du Sud. Les sols salés occupent les terrasses des fleuves et des lacs et, en partie, les deltas des rivières.

c) La province de l'accumulation des sels sodiques coïncide avec les steppes aux sols tchernosems et la forêt-steppe. Elle embrasse les régions du Danube, de l'Ukraine centrale, de la Russie Centrale, du Volga moyen, de la Sibérie Occidentale, de la Sibérie Orientale et de la Yakoutie. De petites surfaces de sols salins sont situées principalement sur les terrasses des fleuves et des lacs, aussi bien que dans les dépressions de la région.

IV. Types des oases irriguées et leur rapport avec les problèmes de la lutte contre la salinisation

Les oases irriguées peuvent être divisées en deux groupes principaux, qui se distinguent par le régime et par l'âge de la terre ferme, sur laquelle elles sont situées, sa structure géologique et géomorphologique qui déterminent le bilan des eaux et des sels de toute la région, ainsi que la direction des processus de l'accumulation des sels, y ayant lieu.

Oases irriguées situées dans les plaines alluviales et dans les deltas.

1) Parmis les oases irriguées, situées dans les plaines alluviales il faut nommer en premier lieu, comme appartenant à ce groupe, les vallées insuffisamment drainées situées entre les chaînes de montagnes, du type de la vallée de la Ferghana, du Vakch ou de l'Arax, ainsi que les plaines alluviales au drainage naturel du type de l'oase de Tachkent, de Samarkande, du Dniepr et en partie de la Golodnaya Steppe. Il faut de même prendre en considération la situation de l'oase irriguée, notamment si elle est située sur les terrasses fluviales inférieures au plan d'eau élevé, influençant le processus de la formation des sols (Tchardjou, la vallée du Volga et de l'Akhtouba, la Ferghana Centrale), ou bien si elle est formée sur les terrasses supérieures (III, IV, V) avec eaux souterraines profondes, qui n'ont pas d'influence sur la formation des sols (oase de Tachkent, vallée de la rive gauche de la Ferghana, oase de Samarkande).

Les plaines alluviales à drainage insuffisant, situées surtout sur les terrasses inférieures (I et II), se caractérisent habituellement par un certain degré de minéralisation naturelle, ainsi que de salinisation secondaire (terrasses inférieures de la rive gauche de la Ferghana Centrale, de Tchardjou, vallée du Vakch).

Les plaines alluviales bien drainées et les terrasses supérieures se caractérisent par une prédominance des processus de désalinisation naturelle; c'est pour cela que le développement des processus de la salinisation lors de l'irrigation y est pour la plupart impossible (Ferghana Orientale, vallée de la rive gauche de Ferghana, oase de Samarkande).

2) Le groupe des oases, situées dans les deltas, se divise en deux sous-groupes: celles des deltas maritimes (le Nil, l'Amou-Daria, la dépression de la Koura et de l'Arax, les deltas du Volga et du Terek) et

celles des deltas secs continentaux, qui ne sont point incorporées à un bassin d'embouchure d'un fleuve. Au dernier groupe appartiennent les oases du type de l'oase de Boukhara, de Chirabad, du Mourghab et de Tedzhène. Ici il faut distinguer les oases des deltas, situées sur des anciens territoires, qui ont déjà perdu leur régime deltique, et les oases, occupant les surfaces des deltas „vivants" contemporains, qui sont sujets aux grandes crues.

Le trait le plus important des oases irriguées de type deltique, qui les distingue des oases du type alluvial, proprement dit, est ce que leurs sols et leurs eaux souterraines manifestent une tendance générale vers la salinisation.

Les processus de l'accumulation naturelle des sels dans les oases du type deltique présentent un stade régulier dans l'évolution de ces landschafts: ce stade intervient 50—150 ans après la formation de la terre ferme, selon les conditions climatiques et locales (deltas du Volga, du Terek, de l'Amou-Daria et du Syr-Daria).

L'activité économique de l'homme, l'agriculture d'irrigation, en particulier, rencontre donc dans les oases du type deltique des conditions extrêmement défavorables. La salinisation naturelle, en règle générale, s'accroît fortement sous l'influence d'une irrigation sans drainage.

Dans la région des anciens deltas l'accumulation naturelle des sels présente un stade déjà passé, mais sous l'influence de l'irrigation, surtout dans les conditions des systèmes d'irrigation privés de drainage, causant une forte remontée de la nappe phréatique, ces territoires subissent une salinisation secondaire intensive (delta de Koura-Arax). Les processus de la salinisation naturelle et secondaire dans les deltas maritimes sont typiques pour tout le territoire du delta.

Dans les deltas secs (non-maritimes) les processus de l'accumulation contemporaine des sels naturelle et secondaire coïncident pour la plupart avec les parties périphériques du delta tandis que leurs parties supérieures et centrales se distinguent par des processus de désalinisation stables (deltas des rivières Sokh en Ferghana, de Mourgab, Tedzhène en Turkménistan).

V. Salinisation secondaire des sols lors de l'irrigation

Pour se faire une juste idée des processus de la salinisation secondaire lors de l'irrigation, il faut prendre en considération l'histoire précédente des processus de la salinisation naturelle, qui a eu lieu ici avant le début de l'irrigation du territoire. Il est donc nécessaire de distinguer:

a) la superposition du processus de la salinisation secondaire sur celui de salinisation naturelle des sols (terrasses inférieures des plaines alluviales sans drainage naturel, périphérie des deltas secs, deltas maritimes);

b) la superposition du processus de la salinisation secondaire sur les-

sols résiduellement salés, se désalinisant naturellement (terrasses II et III des plaines alluviales anciennes et anciens deltas);

c) la superposition de la salinisation secondaire sur les sols fortement désalinisés des terrasses III et IV et des plaines du pied de montagnes.

Dans le premier cas les processus de la salinisation naturelle gagnent en force — un fait, qui n'a pas été duement pris en considération, quand on dressait les projets d'irrigation de la région et de sa mise en culture. Dans ces circonstances les dimensions, l'étendue, l'expression quantitative de la salinisation secondaire atteignent des valeurs maxima (terrasses inférieures de la Ferghana Centrale et Occidentale, Tchardjou, la dépression de Koura-Arax).

Dans le second cas — superposition de la salinisation secondaire sur les sols résiduellement salés — la cause principale de la salinisation consiste en ce que le bilan favorable des eaux et des sels de la région, qui s'est formé avant l'irrigation, est détruit du fait d'un manque de mesures prises pour diminuer la filtration, réduire la dépense excessive d'eau et la dérivation des eaux souterraines. L'effet quantitatif et spacial du processus de la salinisation secondaire est dans ces cas de grande portée (Golodnaya Steppe, la valée de la rivière Vakch),

Dans le troisième cas — superposition de la salinisation secondaire sur les sols fortement désalinisés — la salinisation secondaire s'explique par une minéralisation élevée des eaux d'irrigation ou bien par une violation grossière des règles de l'utilisation des eaux et le caractère primitif suranné des constructions des systèmes d'irrigation et de la technique de cette dernière.

Les processus de la salinisation secondaire lors de l'irrigation se développent par stades. Le stade, intervenant en premier lieu sur un territoire nouvellement irrigué, est celui de la salinisation secondaire des sols le long des nouveaux canaux d'irrigation. Le développement de ce stade est conditionné par le changement brusque du bilan d'eau du territoire, avoisinant les canaux et le fait que le niveau phréatique monte considérablement le long de ces canaux.

Les expériences effectuées dans la Golodnaya Steppe et la vallée de Ferghana montrent que la salinisation qu'on observe le long des nouveaux canaux d'irrigation, se manifeste déjà dès la seconde ou la troisième année après le début de leur exploitation. L'effet de cette salinisation se répend, selon les conditions du relief, sur une surface de 300 à 500 m de largeur des deux côtés du canal.

La mesure principale pour prévenir la salinisation en ce stade est la lutte contre la filtration dans les canaux par application des méthodes de dammage, de colmatage, de traitement par des solutions de sels de Na, et de revêtement des canaux par des matériaux imperméables à l'eau.

L'infiltration de l'eau dans le réseau d'irrigation et dans les terrains irrigués s'effectue au cours de toute l'exploitation du système d'irrigation, favorise l'accroissement des réserves des eaux souterraines et contribue à leur remontée générale graduelle. Le stade d'une salinisation générale

du territoire irrigué intervient dans les conditions de terrains sans drainage naturel ou bien à drainage insuffisant. On peut distinguer plusieures formes séparées de salinisation des oases irriguées:

a) Salinisation saisonnière des sols (au cours de l'été) par taches — intervient dans les cas de sols avec la nappe phréatique à la profondeur de 3 à 4 m, se trouvant dans les parties des champs pas assez irrigués à cause d'un nivellement insuffisant de la surface du terrain, dans des parties des champs sous une végétation cultivée rarifiée. Cette forme de salinisation secondaire peut être facilement liquidée par des mesures d'exploitation, touchant l'abaissement de la nappe phréatique et par un complexe de procédés culturaux, en particulier par arrosages de végétation, accumulatifs-prophylactiques, exécutés en automne et en hiver, par culture intense de la lucerne. A cause du caractère saisonnier et de la nocivité pour les plantes cultivées relativement peu considérable, cette forme de salinisation secondaire peut souvent rester inaperçue et, comme suite, n'étant point combattue, peut continuer à se développer pour se transformer peu à peu en salinisation stable.

On trouve des signes d'une salinisation secondaire saisonnière par taches dans la vallée de Ferghana, dans la Golodnaya Steppe, à Boukhara et au Khoresme.

b) Salinisation secondaire stable, par taches. Ce stade de salinisation se développe de la salinisation secondaire saisonnière; elle est localisée pour la plupart sur les parties élevées du relief par suite de la répartition horizontale et verticale des sels dans les sols vers ces parties. Ce type de salinisation porte un préjudice considérable à l'économie rurale, en causant la mort des plantes cultivées sur certaines parties des champs, ce qui leur donne l'apparence tachetée.

La salinisation secondaire par taches est relativement facile à prévenir et peut être liquidée par une planification systématique du territoire irrigué, par rabaissement de la nappe phréatique, par rationalisation des procédés d'exploitation, de la technique et de la qualité des arrosages, par introduction des rotations régulières avec la lucerne, par perfectionnement des façons culturales. Dans des cas spéciaux des lavages électifs doivent être effectués en automne et en hiver. Les arrosages d'hiver sont ici indispensables.

c) Salinisation totale des sols dans les cas d'une faible minéralisation (de 10 à 12 g/l) des eaux souterraines. La salinisation secondaire de ce type intervient dans les parties insuffisamment irriguées de l'oase irriguée (dépressions des anciens lits de cours d'eau, creux en coupe, les parties périphériques des deltas, les parties intérieures des terrasses des vallées fluviales). Ce processus a lieu habituellement dans les cas où la nappe phréatique est très rapprochée (de 2,5 à 3 m) de la surface du sol, sur des terrains abandonnés situés dans les parties intérieures des oases, entourées de terres irriguées.

Ce type de salinisation secondaire exige pour être résorbé des mesures beaucoup plus énergiques: planifications capitales et lavages totaux,

basés sur un réseau rare de collecteurs profonds. L'effet des lavages doit être fixé par des rotations de coton et de lucerne, des arrosages de végétation intensifs avec application d'un complex de procédés agriculturaux de haute qualité et l'exécution stricte des mesures d'exploitation touchant la lutte contre la remontée de la nappe phréatique.

La salinisation totale dans les cas d'une faible minéralisation des eaux souterraines est très répendue sur les terrains d'irrigation de longue durée des oases de Boukhara et de Karakoul, dans les parties centrales des oases de Sokh et d'Isphar, sur les parties élevées du delta de l'Amou-Daria. Ce n'est qu'à condition de lavages annuels que les sols de ce type peuvent être utilisés pour l'agriculture à irrigation. Pourtant la récolte des cultures reste aliatoire et baisse de qualité Les processus de la salinisation des sols et des eaux souterraines s'accomplissent ici sans s'interrompre.

d) Salinisation totale des sols dans le cas d'une haute minéralisation (de 20 à 40 g/l et plus) des eaux souterraines. Cette forme de salinisation secondaire est la plus grave et sa liquidation est la plus difficile. Elle intervient dans les parties les moins drainées des oases irriguées, dans les dépressions profondes, présentant des bassins-collecteurs pour l'excès des eaux, ainsi que dans les parties périfériques des oases d'irrigation ancienne du type deltique (Khoresme Koura-Arax, Sokh).

La salinisation secondaire totale se révèle extérieurement, dans le cas d'une haute minéralisation des eaux souterraines, par un développement des aréaux de solontchaks couvrant parfois des dizaines de kilomètres. Ce sont pour la plup rt des solontchaks spongeux, recouvrant des sous-sols fortement salés.

Pour supprimer cette salinisation totale dans les cas d'une forte minéralisation des eaux souterraines il faut appliquer outre les planifications capitales, des lavages totaux, répétés durant plusieurs années, par de grandes portions d'eau sur base d'un travail du système de drainage continu. Les lavages répétés ainsi que le drainage, sont indispensables non seulement pour entraîner les sels du sol par les eaux de lavage, mais aussi pour rabaisser le niveau phréatique et surtout pour diminuer la forte salure des eaux souterraines; sans cela une culture stable est en général impossible. L'effet des lavages doit être fixé par des arrosages de végétation et pendant l'automne et l'hiver avec introduction obligatoire des rotations de coton et de lucerne.

Dans les systèmes d'irrigation de longue date, après un certain temps, le régime des eaux souterraines se stabilise. Il se caractérise par un mouvement constant du courant souterrain dans la direction des canaux principauxs d'alimentation, des distributeurs et des massifs irrigués vers la périphérie de l'oase et les terrains non-irrigués. L'existence prolongée d'un pareil type du régime des eaux souterraines dans les anciens systèmes d'irrigation amène régulièremrnt une substitution graduelle des eaux souterraines de minéralisation naturelle et secondaire, qui se forment pendant les deux

stades de salinisation, par les eaux douces de filtration et les eaux d'irrigation.

Le commencement et la manifestation la plus prononcée de ce processus s'observe pour la plupart dans les régions des grands canaux principaux et les massifs intensivement cultivés du système d'irrigation. Comme résultat final, les processus de la salinisation secondaire, ayant lieu dans ces terrains, sont remplacés à fur et à mesure par les processus de la désalinisation des eaux souterraines, des sous-sols et des sols. L'étendue de la zone de la désalinisation dépend du débit du canal, du volume d'eau filtrée, des propriétés de la roche-mère et du relief, qui déterminent la vitesse du courant souterrain. La zone de la désalinisation s'élargit graduellement.

On trouve des exemples d'une désalinisation de terrains irrigués le long des canaux d'irrigation, ainsi que dans les massifs d'irrigation ancienne, dans la Golodnaya Steppe. Les zones de désalinisation occupent ici de vastes territoires le long du canal principal Kirov de la Branche droite et le long des plus grands canaux distributeurs. On observe les mêmes conditions le long des anciens canaux dans la vallée de la rivière Vakch, comme cela a été constaté par la Station pédologo-méliorative de Vakch de l'Académie des Sciences de l'URSS.

Tout de même, les processus de la désalinisation des terrains d'irrigation de longue date et des terrains avoisinant les grands canaux d'irrigation, dans les oases privées de drainage naturel, ou bien à pauvre drainage, ne sont pas accompagnés par une désalinisation complète du territoire entier (de l'oase entière) et ne présentent qu'une suite de la rédistribution horizontale des sels avec leur accumulation simultanée dans les parties périphériques des systèmes. Les processus de la salinisation secondaire, une fois commencés dans les massifs des oases irriguées, ne cessent plus et, même au contraire, ils montrent la tendence à s'intensifier.

Pour anihiler complètement les processus de la salinisation en ce troisième stade, stade dernier, stade de la migration des sels dans les oases anciennes, il est donc nécessaire d'installer des systèmes de drainage artificiel dans les parties périphériques des oases pour assurer l'écoulement des solutions minéralisées des sols et des eaux souterraines.

СПИСОК ОСНОВНОЙ ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И МАТЕРИАЛОВ

Аманов Х. Некоторые физиологические особенности хлопчатника на засоленных почвах. Тр. УзФАН, сер. XI, вып. 5, Ташкент, 1942.

Аманов Х. Повышение солеустойчивости хлопчатника предпосевной яровизацией семян в питательных растворах и внекорневым питанием. Тр. УзФАН, сер. XI, вып. 5, Ташкент, 1942.

Андреев Б. В. К проблеме мелиорации солонцов каштановой зоны. Учен. зап. Сарат. гос. универ., т. I, вып. 1, Саратов, 1937.

Ароиович Д. Орошение кормовых культур. The Agricultural Bulletin of Palestine, July, 1940.

Антипов-Каратаев И. Н. Итоги почвенно-мелиоративных исследований на Вахше (рукопись). 1944 г.

Архангельский Г. И. Материалы по гидрогеологии Узбекистана, вып. 5, 1932, Ташкент.

Архангельский Г. И. Пояснительная записка к картам распределения грунтовых вод. Ташкент, 1933.

Архангельский Г. И. Гидрогеологический очерк Ховастского и Ура-Тюбинского районов. Ташкент.

Балябо Н. К. Почвенные условия хлопковых районов Средней Азии. Материалы почвенно-агрохимической характеристики территории СССР, т. II, Москва, 1937.

Банасевич Н. Н., Зонн С. В., Казмина Т. И., Маккавеев Н. И. Процессы засоления и рассоления почв. Всес. Акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина. Ленинград — Махач-Кала, 1934.

Безобразова И. Ф. Обзорные гидрогеологические исследования северо-восточной части Ферганской котловины. Матер. по гидрогеол. Узбекистана, вып. 2, 1932.

Бияшев Г. З. Влияние строения пахотного слоя, величины агрегатов и плотности их сложения на водоудерживающую способность почв (оттиск).

Белкин Н. И. Вопросы улучшения столбчатого горизонта солонца. Сб., «Солонцы Заволжья», вып. VII, Москва — Ленинград, 1937.

Белов Н. П. (при участии Герасимова И. П.). Почвенно-геоморфологический очерк Куня-Дарьинской равнины. Тр. Ин-та географии, XXXV, 1940, Москва — Ленинград.

Белов Н. П. и Лобова Е. В. Почвы и воды Кулундинской степи. Кулундинская экспедиция Академии Наук СССР 1931—1933 гг., Москва — Ленинград, 1935.

Белякова Л. П. О взаимосвязи между комплексностью засоленных почв и микрорельефом поверхности и стратиграфией аллювиальных наносов (рукопись). Курган-Тюбе, 1940.

Белякова Л. П. Режим солей и питательных веществ в почвах опытного участка в зависимости от водного режима. Сб. «Засоление почв Вахшской долины и меры борьбы с ним». Тр. Таджикской базы, т. XII, Москва — Ленинград, 1940.

Белоусов В. В. Очерки геохимии природных газов. ОНТИ, 1937.

Бергман А. Г. Соляные озера и месторождения Средней Азии. Минеральные богатства Средней Азии. Ленинград, 1935.

Берг Л. С. Аральское море. Изв. Туркест. отд. Импер. русского геогр. общества, вып. IX, С.-Петербург, 1908.

Беседнов Н. А. Мелиоративно-гидротехнические меры борьбы с засолением почв в Азербайджанской ССР (рукопись). 1940.

Беседнов Н. А. К методике проектирования горизонтального дренажа на засоленных землях при орошении (рукопись). Тбилиси, 1940.

Беседнов Н. А. Опытный дренаж на Мугани. Тифлис, 1935.

Беспалов Н. Д. Влияние ирригационных каналов на поднятие уровня грунтовых вод и засоление почв в северной части Вахшской долины. Условия эффективности промывок засоленных почв. Тр. Таджикской базы, т. XII, Москва — Ленинград, 1940.

Беспалов Н. Д. и Зайцев А. А. Засоление почв Вахшской долины и условия эффективности их промывок (рукопись). 1940.

Беспалов Н. Д. Об условиях эффективности рассоления почв способом промывки в Вахшской долине (рукопись). Курган-Тюбе, 1940.

Благовещенский А. В. Современное состояние вопроса об обмене веществ у галофитов. Тр. УзФАН, сер. XI, вып. 5, Ташкент, 1942.

Блажный Е. С. и Тюремнов С. И. Почвы поймы р. Дона. Тр. Кубанского с.-х. ин-та, т. IX, Краснодар, 1929.

Блажный Е. С. К познанию природных условий дельты Кубани. Краснодар, 1932.

Большаков А. Ф. Почвы и микрорельеф Каспийской низменности (по материалам Джаныбекского стационара Почвен. ин-та АН СССР). Сб. «Солонцы Заволжья», в. VII, Москва — Ленинград, 1937.

Большаков А. Ф. Исследования Джаныбекского стационара. Тр. Ком. по ирриг., сб. 10, 1937.

Брегман Г. и Михалевский А. Водный баланс Каспийского моря в связи с Большой Волгой. Баку, 1935.

Бурак М. Т. Материалы к характеристике режима подземных вод в Чирчик-Ангрен-Келесском бассейне. Режим подземных вод УзССР (рукопись), т. 2. Ташкент, 1932.

Бурыгин В. А. О некоторых особенностях поведения американского хлопчатника на засоленных почвах Голодной Степи и путях повышения его солеустойчивости. Тр. УзФАН, сер. XI, вып. 5, Ташкент, 1942.

Бушинский В. П. Почвы Сталинградского края, 1929.

Бушуев М. К вопросу об орошении Голодной Степи в связи с заболачиванием почвы и распространением малярии. Туркест. сельск. хоз-во, 1914.

Бушуев М. К. К методике полевых опытов с орошением культурных растений. Туркест. сельск. хоз-во, 1914.

Быстров С. В. и Белякова Л. П. Просадки грунтов на ирригационных системах. Почвоведение, 3, 1935.

Быстров С. В. Причины просадок лёссовых грунтов и освоение просадочных территорий для целей ирригации (рукопись). 1940.

Вавилов А. П. и Кривовяз С. М. К вопросу проектирования планировки поверхности орошаемых полей. 1939.

Васильев И. С. Водный режим главнейших почвенных разностей Молого-Шекснинского междуречья. Труды Почвенн. ин-та АН СССР, т. XVI, 1935.

Вебер В. Н. Геологическая карта Средней Азии, лист VII—6 (Исфара), вып. 194, 1934.

Вебер В. Н. Мнграция сухих дельт Ферганы. Геол. Вестник, т. VII, вып. 1—3, 1929—30.

Великанов М. А. Водный баланс суши. Москва, 1940.

Вернадский В. И. Биогеохимические очерки. 1922—1932 гг., Москва — Ленинград, 1940

Виленский Д. Г. Основные способы мелиорации засоленных почв по американским и венгерским данным. Сб. «Солонцы Заволжья», вып. VII, 1937.

Виленский Д. Г. Исследование засоленности почв равнины Богаз и состава воды р. Сумгаит-чай в Азерб. ССР. Учен. зап. МГУ, вып. 18, Москва, 1938.

Вильямс В. Р. Почвоведение. Москва, 1940.

Вильямс В. Р Заключение по проекту мелиораций Мугани (рукопись). Москва, 1935.

Вильямс В. Р. Травопольная система земледелия на орошаемых землях. Сельхозгиз, Москва, 1935.

Вильямс В. Р. Методы борьбы с засолением почв. Советский хлопок, № 6, 1936.

Виноградов Г. Н. Основные причины засоления земель и меры борьбы с ним (на примере Голодной Степи). Соц. сельск. хоз-во Узбекистана, № 8, 1939.

Волконский А. Материалы по мелиорации и водопользованию в Волго-Ахтубинском районе (рукопись). Москва, 1931.

Волобуев. В. Р О критическом уровне грунтовых вод в условиях Мугани (рукопись). Баку, 1943.

Волобуев В. Р. Промывка засоленных почв (рукопись), Баку, 1942.

Волобуев В. Р. Размеры и типы засоления почв в Азербайджане (рукопись). 1940.

Волобуев В. Р. О некоторых особенностях вторичного засоления почв Азербайджана (рукопись). Баку, 1942.

Волос С И. и Керзум П. А Принципы и основы районирования поливов египетского хлопчатника в Вахшской долине (рукопись). 1940.

Воскресенский М. Н. Опыт построения карты засоленности почв (по матер почвенно-мелиорат. исследований междуречья Волги и Еруслана). Сб. «Солонцы Заволжья», вып. VII, 1937.

Воскресенский М. Н. Эволюция солевого профиля долинных почв пустынной части Средней Азии. Почвоведение, 2, 1935

Воскресенский М. Н. и Скворцов Ю А. Почвенный очерк Ашхабадского района Туркменистана Изв. Ин-та почвоведения и геоботаники САГУ, вып 3. Ташкент, 1927.

Высоцкий Г Н. и Фальковский П. К Режим почвенной влажности грунтовых вод и солей в степных и лесостепных почвогрунтах Сб 1, Всес гидрогеологический съезд, Ленинград 25—31 декабря 1931, сб 6, Ленинград — Москва — Новосибирск, 1933.

Высоцкий Г. Н. Материалы по изучению водоохранной и водорегулирующей роли лесов и болот. Москва, 1937.

White W. A Water Supply Paper. Washington, 1932.

Gabriel A. Durch Persiens Wüsten. Stuttgart, 1935.

Гейнц В А. Схема закономерностей сезонных колебаний уровня грунтовых вод Каракульского оазиса. Режим подземных вод УзССР (рукопись), т. 2. Ташкент, 1936.

Генкель П. А. Проблема предпосевного закаливания растений против засухи. Тр. конф. по почв. и физ. культ. раст., т. II, Саратов, 1938.

Генкель П. А., Колотова С. С, Новиков В. А. Повышение солеустойчивости хлопчатника на засоленных почвах путем предпосевной обработки семян. Ташкент, 1942.

Георгиевский Б. М Южный Хорезм. Геологические и гидрогеологические исследования 1925—1935 гг, ч. 1. Ташкент, 1937.

Георгиевский Б М. Геологическая характеристика участка среднего течения Аму-Дарьи между г. Чарджуем и ур. Таш-сакe. Матер. по гидрогеол. Узбек., вып. 15, Ташкент, 1933—1935.

Георгиевский Б. М Гидрогеологические процессы и основные закономерности динамики грунтовых вод в Южнохорезмском оазисе. Матер. по гидрогеологии и инж. геол. УзССР, вып 1, Ташкент, 1935.

Георгиевский Б. М Закономерности хода сезонных колебаний уровня грунтовых вод Хорезмского оазиса Режим подземных вод УзССР (рукопись), т. II. Ташкент, 1936.

Герасимов И. П. и Иванова Е. Н. Процесс континентального соленакопления в почвах, породах, подземных водах и озерах Кулундинской степи (Зап. Сибирь). Тр. Почвен. ин-та им. Докучаева, т. IX, Ленинград. 1934.

Герасимов И. П. и Иванова Е. Н. О географических типах солевого баланса и формах солеобмена в коре выветривания. Пробл. физич. географии, вып. 3, 1936.

Герасимов И. П., Иванова Е. Н., Тарасов Д. И. Почвенно-мелиоративный очерк дельты и долины р. Аму-Дарьи. Москва — Ленинград, 1935.

Герасимов И. П. и Марков К. К. Четвертичная геология, 1939.

Герасимов И. П. Геоморфологические районы юго-восточных Каракумов. Акад. Наук СССР. Природные ресурсы Каракумов, ч. IV, 1940.

Герасимов И. П. Перспективы ирригации в ЮВ Каракумах в свете современных почвенно-географических сведений. Там же.

Герасимов И. П., Иванова Е. Н., Лобова Е. В., Копосов Н. А., Полынцева О. А., Гевельсон Т. А. Почвенно-мелиоративный очерк Кулундинской степи Южной Барабы. Тр. Ком. по ирригации, вып. 7, 1937.

Герасимов И. П. и Доскач А. П. Геоморфологический очерк Сыртовой области Н. Заволжья. Тр. Ком. по ирриг., вып. 7, 1937.

Гефер. Г. Подземные воды и источники. Москва — Ленинград, 1925.

Гидрологический очерк Узбекистана. Под ред. В. Л. Шульца, вып. 1 и 2, Ташкент, 1939.

Гидрогеологический очерк бассейна р. Сыр-Дарьи. Под ред. М. М. Крылова и М. А. Шмидта (рукопись). Ташкент, 1940.

Голодковский Л. И. Подготовка семян сахарной свеклы к посеву в условиях Узбекистана. Ташкент, 1942.

Гольдшмидт В. М. Принципы распределения химических элементов в минеральных и горных породах. Успехи химии, т. VII, вып. 2, Москва — Лениград, 1938.

Гольдшмидт В. М. Сб. статей по геохимии редких элементов. Москва — Ленинград, 1938.

Гольдшмидт В. М. Основы количественной геохимии. Успехи химии, т. III, вып. 3, 1934.

Горбунов Б. В. Главнейшие химические и физические свойства сероземов богарной зоны УзССР. Ташкент, 1941.

Горбунов Б. В. Почвы Узбекской ССР (рукопись), т. I Ташкент, 1940—1941 гг.

Грабовская О. А. Характер и развитие засоленных почв Вахшской долины в связи с их классификацией (рукопись). 1940.

Грабовская О. А. Процесс первичного засоления карбонатного лёссовидного грунта (рукопись). Курган-Тюбе, 1940.

Григорьев Г. И. и Кудинова А. И. Влияние орошения и водохранилищ на почвы долины рр. М. Узень, Сестра, Камышлак в Н. Заволжье. Тр. Ком. по ирриг., сб. 10, 1937.

Григорьев Г. И. Солонцы Поволжья, их комплексы и генезис (рукопись). Москва, 1941.

Гудков М. П. Динамика морского края дельты Волги (рукопись). 1939.

Гущин И. Солеустойчивость различных сортов пшеницы и ячменя и факторы, обусловливающие ее. Тр. Конф. по почв. и физ. культ. раст, т. II, Саратов, 1938.

Демания К. И. Солевой профиль почвогрунтов верхних и глубинных слоев водоносных горизонтов. Мат. II конф. молод. научн. раб. Зак. н.-и. ин-та водн. хоз., Тбилиси, 1938.

Димо Н. А. Главнейшие типы засоления почв и грунтов на территории России. Ежегодник Отд. зем. улучшений, ч. 1, СПб, 1913.

Димо Н. А. Отчет по почвенным исследованиям в р-не вост. части Голодной Степи Самаркандской обл. С.-Петербург, 1910.

Димо Н. А. Земельный фонд и явления засоления почв в республиках Закавказья. Тезисы (рукопись). 1940.

Дзенс-Литовская Н. Н. Роль растительности в аккумуляции солей в пустынях. Природа, № 3—4, 1942.

Докладные записки СоюзНИХИ в правит. организации по вопросам орошения и мелиорации за годы 1939—1942.

Докладная записка СоюзНИХИ в ЦК КП(б) Туркмении о мелиоративных мероприя-

тиях по Чарджоусской обл. Туркмен. ССР. Авторы — Попов, Легостаев, Рабочев, Белкина, 1942.

Дугти М. Л. и Стальбик А. Е. Влияние щелочных солей на рост растений. Scientific agriculture. vol. XX, 5, pp. 272—276, 1940.

Дунневальд Т. Условия засоления р. Биг Хорн. Univ. of Wyom. Agr. Exp. Stat. Bull. № 240, July, 1940.

Еремин Г. Г. О вторичном засолении солонцов как одной из стадий солончаково-солонцового процесса. Почвоведение, № 10, 1939.

Жуков М. М. Геоморфология Сев.-Зап. Прикаспия, Бюлл. Моск. о-ва испыт. прир., отд. Геология, т. XV(3), 1937.

Жулидов А. А. и Зайцев А. А. Влияние водоемов на засоление почв и грунтов Сб. «Солонцы Заволжья», т. III, 1937.

Зайцев А. А. Условия и характер вторичного засоления староорошаемых земель северной части Вахшской долины и некоторые приемы их рассоления. Сб. «Засоление почв Вахшской долины и меры борьбы с ним». Тр. Таджикской базы, т. XII, Москва — Ленинград, 1940.

Зайцев В. Б. Планировка орошаемых площадей как один из приемов борьбы с засолением. Бюллетень № 3 ВНИИГИМ, 1934.

Закон о с.-х. водопользовании в Узбекской ССР. Ташкент, 1941.

Захаров С. А. Почвы Нахичеванской АССР. Баку, 1939.

Захаров В. Ф. Гидрогеология Эриванской низменности. Матер. к общей схеме использования водных ресурсов Кура-Араксинского бассейна, вып. 8, Тифлис, 1931.

Захаров С. А. Почвы Кура-Араксинского бассейна как объект водной мелиорации. Материалы к общей схеме использования водных ресурсов Кура-Араксинского бассейна, Тифлис, 1936.

Знаменский А. И. Растительный покров и колебания уровня грунтовых вод. Почвоведение, № 9, 1938.

Зольников В. Г. Химическая мелиорация солонцов при орошении. Сб. «Солонцы Заволжья», в. VII, Москва — Ленинград, 1937.

Зонн С. В. при участии Боголеповой М. А. и Чечиной А. С. О типах рассоления почв при орошении. Тр. Ком. по ирриг., вып. 9, Москва — Ленинград, 1937.

Зони С. В. и Леонтьев В Л. О почвообразовательном значении саксаула на песках пустыни Кара-кум. Почвоведение, № 8, 1942.

Иванов Б. Г. Суммарное испарение в основных природных зонах. Метеор. и гидрология, № 7, 1940.

Иванова Е. Н. Почвы и соленакопление в озерах ленточных боров. Тр. СОПС АН СССР, ч. 3., 1934.

Иванова К. Технический отчет по динамике солевого режима и поглощенным основаниям на промывных участках и в связи с химической мелиорацией. Почвен. сб. МОС (рукопись), 1937.

Иессуп. Орошенные земли нуждаются в дренаже. Trans. of the 6 Comission of the Intern. Soc. of Soil Science, Zürich, 1937.

Израэльсон О. Научные основы и практика орошения. Москва, 1936.

Изюмов А. Н Почвы Чубургольского массива. Краснодар, 1934.

Иозефович Л. И. О возрасте и эволюции гидрогенных почв в связи с их использованием. 1931.

Каган Г. С. Динамика засоления площадей на Вахше (рукопись). 1936.

Казицын П. П. Гидрогеологические изыскания в Муганской степи в 1905 г. С.-Петербург, 1906.

Казначеев Г. Влияние семипольного хлопково-люцернового севооборота на процессы засоления почвы в совхозе Пахта-Арал. Сов. хлопок, 11, 1938.

Качинский Н. А., Долгополова Н. Н, Осин Д Д. Физические свойства почв равнины Богаз в Азербайджане. Уч. зап. МГУ, вып. 17, Москва, 1937.

Качинский Н. А. Опыт агромелиоративной характеристики почв. Москва, 1934.

Качинский Н. А. Почвенно-мелиоративный очерк равнины Богаз в Азербайджане. Уч. зап. МГУ, вып. 17, Москва, 1937.

Качинский Н. А. О влажности почвы и методах ее изучения. Москва — Ленинград, 1930.

Кейльгак К. Подземные воды. Ленинград — Москва, 1935.

Келли В. Пределы допустимого состава и концентрации солей в оросительной воде. Proced. Amer. sol., April, 1940.

Келлн, Браун и Либих. Химическое влияние соленых оросительных вод на почвы. Soil Science, vol. 49, № 4, 1940.

Кенесарин Н. А. Главнейшие типы режима .грунтовых вод и мелиорация засоленных земель. Почвоведение, № 9, 1940.

Кенесарин Н. А. К вопросу установления водного баланса в Голодиой Степи. Соц. наука и техника, № 8, Ташкент, 1937.

Кенесарин Н. А. Режим грунтовых вод ирригациоиной системы Шахруд в Узбекистане (рукопись). Москва, 1939.

Кенесарин Н. А. О причинах подъема грунтовых вод в Голодной Степи (рукопись). 1941.

Кенесарин Н. А. Типы режима грунтовых вод Голодной Степи (рукопись). Ташкент, 1941.

Керзум П. А. и Грабовская О. А. Засоленные почвы Вахшской долины. Сб. «Засоление почв Вахшской доличы и меры борьбы с ним». Тр. Таджикской базы, т. XII, Москва — Ленинград, 1940.

Керзум П. А. Земельные фонды и причины засоления почв в Вахшской долине (рукопись). 1940.

Керзум П. А. и Волос С. И. (при участии Грабовской О. А.). Об условиях гидромодульного районирования хлопковых территорий (рукопись) Курган Тюбе, 1940.

Кимберг Н. В Почвы Узбекской ССР, т. I (рукопись). Ташкент, 1940—1941 г.

Ковда В. А. К вопросу об образовании в почвах вторичных карбонатов кальция. Тр. Почвен. ин-та, им. Докучаева, т. IX, Ленинград, 1934.

Ковда В. А. Водно-солевой режим почв центральной части Каспийской равнины. Тр. конф. по почвов. и физ. культ. раст., т. I, Саратов, 1937.

Ковда В. А. Общие результаты изучения влияния орошения и водохранилищ на почвы долин рек Нижнего Заволжья. Тр. Ком. по ирриг., вып. 10, 1937.

Ковда В. А. и Быстров С. В. К вопросу о природе щелочности солоицов. Тр. Ком. по ирриг., вып. 6, 1936.

Ковда В. А. Солончаки и солонцы. Москва — Ленинград, 1937.

Ковда В. А. Всесоюзное совещание по борьбе с засолением почв и освоению засоленных перелогов. Вестник АН СССР, № 1—2, 1940.

Ковда В. А. и Быстров С. В. К вопросу о природе щелочности солоицов. Тр. Ком. по ирриг., вып. 6, 1936.

Ковда В. А. К вопросу о движении и накоплении кремнезема в засоленных почвах. Тр. Почвен. ин-та АН СССР. Матер. по изуч. засоленных почв, т. XXII, вып. 1, 1940.

Ковда В. А. Почвы Каспийской иизменности (рукопись). 1938.

Ковда В. А. Мелиоративное районирование и вторичное засоление почв в Голодной Степи (рукопись), 1940.

Ковда В. А., Розанов А. Н., Лазарев А. А., Лебедев Ю. Н. Итоги исследовательской работы бригады Почвен. ин-та АН СССР в совхозе Пахта-Арал (Голодная Степь). Почвоведение, № 7, 1940.

Ковда В. А. Почвы дельты р. Волги и их место в почвообразовании (рукопись) 1940.

Кожевников А. Поглощение почвой и использование растениями осадков периода вегетации. Журн опытн. агрон. ЮВ, т. IV, вып. 2, Саратов, 1927.

Колосков П. И Пересмотр некоторых выводов и положений книги А. Ф. Лебедева «Почвенные и грунтовые воды». Проблемы физич географии, т. VIII, 1940.

Колосков П. А. Природные условия внутрипочвенной конденсации атмосферных паров. Там же, IV, 1937.

Колосков П. А О внутрипочвенной конденсации и сорбции атмосферных паров. Метеор. и гидрол., 1, 1938.

Комарова Н. А. К вопросу об изучении почвенных растворов. Почвоведение, № 10, 1939.

Коньков Б. В. и Петров Е К изучению режима грунтовых вод в Голодной степи. 1928

Коньков Б. Агромелиоративные мероприятия на засоленных почвах (рукопись). Ташкент, 1940.

Константинова П. Н. Основные закономерности в колебаниях зеркала грунтовых вод Бухарского оазиса. Режим подземных вод УзССР (рукопись), т. II. Ташкент, 1936.

Коссович П. С. О круговороте серы и хлора на земном шаре и о значении процесса в природе, почве и в культуре, с.-х. растений. СПб, 1913.

Костяков А. Н. Основы мелиораций. Москва, 1938.

Коссович П. Почвы Муганской степи и их засоление при орошении. Изв. Моск. с.-х ин-та, год XII, кн. 2, 1906.

Коржавин Б. Д. К вопросу о возможности применения вертикального дренажа и использования грунтовых вод для орошения в Бухарском оазисе. Матер. по гидрогеол. Узбек, вып. 10. Ташкент, 1933.

Крылов М М. К методике изучения водного баланса орошаемых районов. Ташкент, 1939

Крылов М М О режиме и балансе грунтовых вод Голодной Степи. Ташкент, 1936.

Крылов М М. Гидрогеологический очерк низовьев р Или по рекогносцировочным исследованиям 1929 г. Матер. по гидрогеологии Ср. Азии, вып. 1(14), Ташкент, 1933.

Крылов М. М. Баланс грунтовых вод Голодной Степи (рукопись). Ташкент, 1941.

Крылов М. М. Закономерности сезонных колебаний зеркала грунтовых вод Голодной Степи. Режим подземн. вод УзССР (рукопись), т. II. Ташкент, 1936.

Кудрин С. А. и Розанов А. Н. Солонцовые почвы совхоза Дальверзин (Узбекистан). Почвоведение, № 3, 1935.

Кузьменко А. А. и Воробьев С. О. Биологические основы орошения полевых культур. Тр. ком по ирриг., вып. 5, 1935.

Курушин М. В. и Шошин А. А. Промывка засоленных земель в условиях дренирования на Северной Мугани (рукопись). Тифлис, 1935.

Курушин М. В. Динамика солевого режима в почвогрунтах дренированного участка Муганской опытной станции (рукопись). Джафархан, 1936.

Лабецкая М. С. Гидрогеологические условия левобережной поймы р. Чирчик между VII коллектором и головой арыка Кара-су. Матер по гидрогеол. Узбекистаиа, вып. 13, Ташкент, 1933.

Лавров А. П. и Сочеванов В. Е. Об изучении водного режима в песчаной полупустыне. Метеорология и Гидрология, № 5, 1938.

Ланге О К. Краткий гидрогеологический обзор Средней Азии. Матер. по гидрогеол. Узб., вып. 10, 1933

Ланге О. К. Гидрогеологический очерк Куйганьярского р-на Ферганской котловины Матер. по гидрогеол. Узбекистана, в. 6, Ташкент, 1933.

Лапшин М. И. и Строганов С. Н. Химия и микробиология питьевых и сточных вод. Москва — Ленинград, 1938.

Лаптев С. Ф. Агрессивное действие воды на карбонатные породы, гипсы и бетон. Москва, 1939.

Ларин Г. В. Водный режим почв Северной Мугани. Матер II конф. молод. научн. раб. Зак. н.-и. ин-та водн. хоз, Тбилиси, 1938.

Лашкевич Г. И Агротехника с.-х. культур на засоленных болотных почвах. Вестн. с.-х. науки, вып. 1, Москва, 1940.

Лебедев А. Ф. Почвенные и грунтовые воды. Москва, 1936.

Лебедев Ю. П. Почвенные условия среднего течения Аму-Дарьи. Матер. почвенно-агрохимической характеристики территории СССР, т. II, Москва, 1937.

Лебедев П. И. Геологический очерк бассейна р. Аракса. Матер. к общей схеме использования водных ресурсов Кура-Араксинского бассейна, вып. 8, Тифлис, 1931.

Левенец М. В. Влияние понижения уровня грунтовых вод при дренаже насосными колодцами на состояние и развитие с.-х. культур (рукопись). Ленинград, 1939.

Легостаев В. М. Факторы, определяющие размеры и режим орошения. Москва — Ташкент, 1932.

Легостаев В. М. Гидромодульное районирование хлопкового пояса Средней Азии и Южного Казахстана. Ташкент, 1935

Lee Ch. An intensive study of the water resources of a part of Owens Valley California. U. S. Geol. Surv., Washington, 1912.

Лийдеман К. Обзор работ Солончакового отдела Голодностепской станции за 1917—1920 гг. Вестн. ирригации, № 1, Ташкент, 1925.

Липкинд И. М. Передвижение питательных веществ при промывках засоленных почв (рукопись). Курган-Тюбе, 1940.

Лисицын К. И. О зональности грунтовых вод на земном шаре. Новочеркасск, 1927

Лобова Е. В. Почвенно-географический очерк дельт рр. Мургаба и Теджена АН СССР. Природные ресурсы Кара-Кумов, ч. IV, 1940.

Лобова Т В. Почвы низовьев р. Мургаб (доклад). 1939

Лопато Ю. Г. К вопросу о засолении почвы при орошении Саратов, 1932.

Лопато Ю. Г. Солевой режим солонцеватых почв Заволжья при орошении затоплением и дождеванием. Тр. конф. по почвов. и физ культ. раст., т. I, Саратов, 1937.

Лярсон К. Мелиорация засоленных (щелочных) почв в долине реки Якима штата Вашингтон США. Agric. Exper. Stat Bull. № 376, 1939.

Макеев Н. С. О развитии речных долин Средней Азии за исторический период. Пробл. физич. геогр, III, 1936.

Макридин Н. В К вопросу о мероприятиях по переустройству системы арыка Шахруд в Бухарском оазисе. Матер. по гидрогеол. Узбек, вып. 10, 1933

Макридин Н. В. Схематический мелиоративный план Голодной Степи. Ташкент, 1940—41.

Малыгин В. С. Глубокий закрытый дренаж. Ташкент, 1939.

Малыгин В С. Уплотнение севооборотов и культур для получения на поливных землях 2—3 урожаев в год. Ташкент, 1942.

Маляревский К. Ф Почвенно-геологические исследования в дельте р. Волги 1924.

Маляров К. Л Химический состав буровых вод Грозненского района. Москва, 1929.

Малахов В. А. Опыт борьбы с засолением почв в Шаульдаре (рукопись) 1940

Малеванный Е. Т. Артезианские воды левобережья Нижнего Днепра и их использование для орошения хлопчатника (рукопись). 1940.

Мамаева Л. Я. О составе солевых конкреций в солонцах Заволжья Матер. по изучению засоленных почв, т. XXII, вып. 1, 1940.

Маршаль и Пальмер Изменения в характере и расположении растворенных солей в некоторых почвах штата Альберта в Канаде после 20 лет орошения. Scient. Agriculture, № 5, 1939.

Марков И. П. Освоение Голодной Степи. Ташкент, 1940.

Материалы к проблеме орошения Кулундинской степи. Труды конф. по ирриг. вып. 7, 1937.

Мейнцер О. Э. Учение о подземных водах. Ленинград — Москва, 1935.

Мириманян Х. П. Почвы ССР Армении в связи с размещением с.-х. культур. Почвоведение, 5/6, 1935.

Миркин С. Л. Эксплоатационные мероприятия в борьбе с засолением на оросительных системах (рукопись). 1939.

Миронович Н. И. Геологическое описание долины р. Ангрен по маршруту экспедиции 1932 г. Матер. по гидрогеол. Узбек., вып. 15, Ташкент, 1933—1935.

Митчельсон А. Пополнение запасов воды из грунтовых вод. Civil. Engin., III, № 3, 1939.

Михайлов Е. Поясинительная записка к легенде почвенной карты западных подстепных ильмеией на территории б. Приморского улуса Калм. ССР (рукопись). Астрахань, 1939.

Михайлов Е. Я. Материалы по изучеиию почв р. Волги, 1939.

Мишакова Н. Е. Осиовные черты геоморфологии Ферганы. СОНА, 3—4, Ташкент, 1937.

Мужчинкин Ф. Ф. Гидрогеологический очерк западной части Ферганской котловиины. Матер. по гидрогеол. Узбекистана, вып. 1, Ташкеит, 1931.

Музычук И. Ф. Зимние промывки засоленных почв (тезисы, рукопись). 1940.

Мульвани и Поллярд. Практическое значение изучения почвенного раствора. The Indian Journ. of Agricult. Science, vol. 9, p. 3, pp. 473—502, 1939.

Мульвани и Поллярд. Влияние щелочных солей на прорастание семян. Agric. and Live Stock in India, vol. IX, p. V, 1939.

Мухля А. В. Почвы Голодной Степи. Москва, 1936.

Набоких А. И. Дунайские плавни. Оттиск из «Бессараб. сель. хоз.», 1915.

Набоких А. И. Материалы по изучению почвогруитов Дунайских плавней. Одесса, 1915.

Набоких А. И. Схематическая почвенная карта плавней дельты Дуная. 1916.

Нашпури. Метод углекислого натрия, применяемый при облицовке каналов и водных протоков для борьбы с фильтрацией. Перевод с англ. (рукопись). Лагоре, 1939.

Нашпури и Уппал. Влияние углекислоты на почвы. Soil Science, v. 46, № 6, 1938.

Нашпури. Соотношение между обменным натрием в почвах Пенджаба, урожаем культур и новым методом определения засоленных (щелочных) почв. Перевод с англ. (рукопись). Лагоре, 1934.

Неуструев С. С. и Никитин В. В. Почвы хлопковых районов Туркестана. Библиотека хлопкового дела. Москва, 1926.

Никитин С. А. Почвы Урало-Эмбинского р-на (рукопись). 1939

Никитин В. В. К характеристике низовьев р. Аму-Дарьи как объекта мелиорации. Москва — Ленинград, 1926.

Никитин С. А. Почвы и растительность Канчайского р-на в низовьях р. Каратала. Матер. по изучению засоленных почв, т. XXII, вып. 1, 1940.

Никитин В. В. Почвенный очерк междуречья Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи. Сб. «Почвен. экспед. в бассейнах рр. Сыр-Дарьи и Аму-Дарьи».

Николаев А. В. Водный баланс хлопкового поля в условиях Вахшской долины. Сб. «Засоление почв Вахшской долины и меры борьбы с ним». Тр. Таджикской базы, т. XII, Москва — Ленинград, 1941.

Николаев А. В. Установление рационального гидромодуля египетского хлопчатника (рукопись). 1940.

Новиков В. А. Влияние бора на поступление солей в прорастающие семена хлопчатиика. Краткое содерж. и направл. исслед. работ ЦСС СоюзНИХИ, Ташкент, 1936.

Новиков В. А. Солеустойчивость хлопчатиика в разных фазах развития. Там же, Ташкент, 1936.

Новиков В. А. Прорастание хлопчатника на солевых растворах различной концентрации. Там же, Ташкент, 1936.

Новиков В. А. Исследование солеустойчивости хлопчатника. Тр. УзФАН, сер. XI, в. 5, Ташкент, 1942.

Ногина Н. А. Влияние различных режимов орошения на динамику солей и органическое вещество почвы в Вахшской долине (рукопись). Курган-Тюбе, 1940.

Noll W. Über die geochemische Rolle der Sorption (оттиск). Chemie der Erde, 1931

Орловский Н. В. К вопросу о влиянии орошения на солонцовые почвы. Почвоведение, № 3, 1935.

Отчет экспедиции Средазгипровода по изучению заболачивания и засоления по среднему течению Аму-Дарьи (рукопись). Ташкент, 1935.

Пальмер А. Е. Засоление некоторых орошаемых земель в Альберте (Канада). Характер засоления, расположение солей, их вредность, солеустойчивость культур. Scient. Agric. November, vol. 18, № 3, 1937.

Панков М. А. Почвы Узбекской ССР (рукопись). Ташкент, 1940—1941.

Петров Е. Г. Опыт изучения засоления и мер борьбы с ним в совхозе Пахта-Арал. Сб «Борьба с засолением почв». Москва, сб. 3, 1934.

Плюснин И. И. Почвы Волго-Ахтубинской поймы. Сталинград, 1938.

Плюснин И. И. Развитие основн. элем. речных долин, аллювиальные отложения и почвы (рукопись).

Победоносцев Н. М. Краткий гидрогеологический очерк Нахичеванской низменности. Матер. к общей схеме использов. водн. рес. Кура-Араксинского басс, вып. 8, Тифлис, 1931.

Победоносцев Н. М. Общий гидрогеологический очерк по Сальянской степи (рукопись). Баку, 1928.

Подоба Н. В. Гидрогеологический очерк равнинной части бассейна р. Ангрен. Матер. по гидрогеол. Узб., вып. 15. Ташкент, 1933—1935.

Подоба Н. В. Гидрогеологический очерк ю.-в. части Ферганской котловины по маршрутной съемке. 1928.

Познышев О. С. Зависимость испарения с поверхности почвы от степени ее увлажнения. Метеор. и Гидрол., № 11, 1940.

Поляков Н. В. Засоление земель в основных орошаемых хлопковых зонах СССР (рукопись). Москва, 1934—1937.

Полынов Б. Б. Выветривание. Состав континентальных отложений. Тр. Геол. ассоц. АН СССР, вып. 4, Москва — Ленинград, 1935.

Полынов Б. Б. Определение критической глубины залегания уровня засоляющей почву грунтовой воды.

Полынов Б. Б. Процессы засоления и рассоления и солевой профиль почв. Тр. ком. по ирриг., вып. 1, 1933.

Полынов Б. Б Типы коры выветривания и их распределение в зависимости от геоморфологических условий. Докл. АН СССР, 1933.

Полынов Б. Б. и Быстров С. В. Об изменении растворов солей, циркулирующих в почвах. Почвоведение, № 3, 1932.

Полынов Б. Б. и Философов Б. И. Об изменении растворов при капиллярном поднятии их в почвах и грунтах. Известия Научно-мелиорац. ин-та, вып. 21, Ленинград, 1930.

Постановление Совета Народных Комиссаров Союза ССР и ЦК ВКП(б) «О мерах по дальнейшему подъему хлопководства в Узбекистане». Ташкент, 1940.

Постановление Всес. Сов. по вопросам борьбы с засолением почв и освоения перелогов для орошения (10—17.XII—1939).

Почвы Узбекистана, т I. Сб Ин-та Ботаники и Почвоведения УзФАН, 1940.

Прасолов Л. И. Трухменская степь Ставрополь, 1909.

Прасолов Л. И. Почвы пойм в р-не Волхова и оз. Ильменя, 1927.

Прасолов Л. И. Почвы юго-западной части Сыртовой области Заволжья. Тр Ком. по ирригации, вып. 7, 1937.

Прасолов Л. И. Итоги изучения и общий обзор почв Волго-Каспийского бассейна в связи с проблемой взаимной связи почв и Каспия. Тр. Ноябрьской сессии АН СССР, 1933.

Приклонский В. А. Изучение физических свойств и химического состава подземных вод. 1934.

Приклонский В. А. Гидрогеологический очерк Мильской степи. Тифлис, 1930.

Приклонский В. А. Гидрогеологические исследования в ирригационных районах. Тр. Моск. Геол. развед. ин-та им Орджоникидзе, т. VI. 1937.

Принц Е. и Кампе Р. Гидрогеология, т. II. Москва, 1937.

Пудовкин Б. А. и Сучков С. П. Современное состояние орошенных почв Голодной Степи Тр. СоюзНИХИ, Ташкент, 1939.

Пустовалов Л. В. Петрография осадочных пород, ч. 1. Москва — Ленинград, 1940.

Равикович С. и Биндер Н. Влияние засоленности почв на клевер в Израельской долине в Палестине. Journ. Exp. Agric., July, vol. VIII, 1940.

Рейнгард А. Л. Четвертичио-геологические исследования в Восточной Фергане в 1929—1930 гг. Тр. Всес. геол.-разв. объед. НКТП СССР, вып. 344, 1934.

Решеткин М. М. Гидрогеологический очерк Голодной Степи. Ташкент, 1932.

Ризенкампф Г. К. Основы ирригации, т. I. Ленинград, 1925.

Роде А. А., Афанасьев Е. А, Грабовская О. А. Труды Почвен. ин-та, т. XV. Москва, 1940.

Рождественский М. А. Люцерна в борьбе с засолением почв. Сов. хлопок, 7, 1938.

Розанов А. Н. Грунтовые и поверхностные воды левобережной Ферганы (рукопись), Ташкент, 1933.

Розанов А. Н. Почвенно-грунтовые условия кендырного опытного поля в Саболаке Кзылординского округа КАССР, 1931.

Розанов А. Н. Почвы Ширабадской долины, пустыни Кызык-дара и низовьев правого берега р. Сурхана. Тр. Среднеазиат. ин-та почвов. и геоб., вып. 8, Ташкент, 1931.

Розанов А. Н Почвенно-мелиоративное районирование Ферганской долины (рукопись). 1940.

Розанов А. Н. Материалы к вопросу о засоленных почвах Средней Азии. Сб. «Хозяйств. освоение пустынь». Ташкент, 1934.

Розанов А. Н. Борьба с засолением почв в совхозе Пахта-Арал (рукопись). 1940.

Розов Л. П. Первичная схема мелиоративной номенклатуры почв зон орошения. Почвоведение, № 3, 1935.

Розов Л. П. Мелиоративное почвоведение. 1936.

Розов Л П. Солонцы и засоление в Заволжье. Сб. «Солонцы Заволжья», вып. VII, 1937.

Рыженкова М. Г. Культура сахарной свекловицы на солонцеватых и слабозасоленных разностях. Культура засоленных и орошаемых земель, Москва, 1931.

Рябов В. Баланс поливных и оросительных норм. Сов. хлопок, № 11, 1938.

Саваренский Ф. П. Гидрогеология. Москва — Ленинград, 1939.

Саваренский Ф. П. Гидрогеологический очерк Муганской степи. Тифлис, 1931.

Саваренский Ф. П. Обзор гидрогеологических исследований в Закавказье. Матер. к общей схеме использования водн. рес. Кура-Аракс. басс., вып. 9, Тифлис, 1930.

Савинов Н. И. и Филиппова В. Н. Грунтовые воды в речных долинах Заволжья и их изменение под влиянием орошения. Тр. Почвен. ин-та и Нижневолгопроекта, т. XXIV. Москва — Ленинград, 1940.

Садовников И. Ф. и Зайцев А. А. Солонцы Заволжского района ирригации. Сб. «Солонцы Заволжья», вып. VII, 1937.

Самохвалов М. Г. Промывка засоленных земель на Южной Мугани (рукопись), 1940.

Селаври А. К. и Ранцан В. А. Об устойчивости проростков зерновых злаков к засолению. Тр. Ком. по ирриг., вып. 8, 1936.

Семихатов А. Н. Артезианские и глубокие грунтовые воды Европейской части СССР, Москва — Ленинград, 1925.

Скофильд К. Баланс солей на орошаемых площадях. Journ. of Agr., vol. 61, № 1,

Семихатов Б. Н. Краткий геологический очерк северной дельты р. Аму-Дарьи. Сб. Почвен. экспед. в бас. рр. Сыр-Дарьи и Аму-Дарьи, вып. 1, Москва, 1915.

Семихатов Б. Н. Геологическое строение ю.-в. побережья Аральского моря. Там же.

Сергеев Л. И. Стойкость пшениц к почвенному засолению. Тр. Ком. по ирриг., вып. 8, 1936.

Сердобольский И. П. и Шаврыгин П. И. Окислительно-восстановительные условия солончаковатых луговых почв Ферганской долины (рукопись). 1940.

Скворцов Ю. А. Почвенно-географический очерк долины р. Аму-Дарьи в пределах Чарджуйского водного округа. Изв. Ин-та почв. и геобот. Ср.-аз. гос. ун, вып. 4, Ташкент, 1928.

Сляднев А. Ф. Методы изучения динамики влаги в почвогрунтах хлопковых полей. Тр. УзФАН, сер. IX, вып. 1, Ташкент, 1941.

Сляднев А. Ф. Изучение водного баланса опытного участка в Золотой Орде (рукопись). Ташкент, 1942.

Смирнова А. Д. Предпосевная обработка семян по методу Генкеля. Тр. Коиф. по почвов. и физ. культ. раст., т. II, Саратов, 1938.

Shokalsky Z. The natural conditions of soilformation in India. 1933.

Соколов Н. И. Исследования солонцеватости почв под садами и огородами в Астраханской губ., 1916.

Соколовский А. Н. Засоленные почвы как одно из солепроявлений на земной поверхности. Почвоведение, № 7—8, 1941.

Советкина М. М. Пастбища и сенокосы Ср. Азии. Госиздат УзССР. Ташкент, 1938.

Сочеванов В. Е. и Лавров А. П. Об изучении водного режима в песчаной полупустыне. Метеор. и гидрол., № 5, 1938.

Сочеванов В. Е. Конденсация в песках Прикаспийской низменности и методика ее определения. Сб. Гос. гидролог. ин-та, 1, 1938.

Сочеванов В. Е. О конденсации водяных паров в почве близ Ташкента. Метеор. и гидрол., 6, 1938.

Сочеванов В. Е. О конденсационной влаге барханного песка Ферганской долины. Метеорол. и гидрол., 3, 1937.

Спенглер В. В. К вопросу о влиянии разной степени засоления на развитие и урожайность хлопчатника. Вестн. с.-х. науки, вып. 1, Москва, 1940.

Спенглер В. В. Солевой баланс при различных способах полива (рукопись). Москва, 1937.

Спенглер В. В. Борьба с засолением полей в хлопковой зоне. Москва, 1939.

Спенглер В. В. Отчет Мервской бригады солевого баланса (рукопись). Москва, 1935.

Спенглер В. В. Материалы по засолению дельты р. Мургаб (рукопись). Москва, 1935.

Спенглер В. В. Материалы по учету засоленных площадей при орошении в южном Хорезме (рукопись). Москва, 1936.

Спенглер В. В. Система мероприятий по борьбе с засолением (рукопись). Москва, 1940.

Спенглер В. В. Солевой и водный режим засоленных почв и грунтов дельты р. Мургаба при различном режиме засоления (рукопись). Москва, 1940.

Старов П. В. Водный режим и динамика развития хлопчатника. Москва — Ташкент, 1934.

Стец В. М., Калашников А. И., Чурляев А. Д. Мероприятия по борьбе с засолением за время 1933—1939. Соц сел. х-во. Узбек., № 9, 1940.

Стец В. М. Промывка засоленных почв на горизонтально-спланированных и дренированных полях станции (рукопись). 1935—1940.

Стец В. М. Эффективность промывной воды (рукопись). Ташкент, 1941.

Стец В. М. Способы полива хлопчатника на фоне профилактических поливов. Сводный отчет (рукопись). 1935—1939.

Стец В. М. Освоение засоленных земель культурой риса (рукопись) Ташкент 1942.

Стец В. М. Планировка полей Ташкент, 1940.

Стец В. М. и Хорунжин С. И. Сводный отчет: 4 года борьбы за высокий урожай хлопчатника на освоенном сильнозасоленном перелоге (рукопись). 1935—1938.

Стец В. М. и Чурляев А. Д. Горизонтальная планировка полей. Ташкент, 1940.

Stremme H. Die Böden (Deutschlands. 1930.

Сулин В. А. Воды нефтяных месторождений СССР. Москва — Ленинград, 1935.

Терон Е. Изучение засоления и орошения почв цитрусовых деревьев в долине Сэндей в Южно-Африканском Союзе. Перевод (рукопись).

Толстихин Н. И. Послетретичные отложения Приташкентского района. Матер. по геол. Ср. Азии, вып. 8, Ташкент, 1936.

Томас Ж. Исследование проблемы скопления солей на полупустынных почвах (эвкалиптовых) в долине р. Мерей на орошаемой площади. Com. of Australia, Bull. № 128, 1939.

Томас Е. Мелиорация засоленных нейтральными (белыми) солями почв в Империал-Валлей в Калифорнии. Bull. № 601, 1936.

Громбачев С. П. Орошение и осушение. Москва — Ташкент, 1932.

Трофимов Н. М. К вопросу о режиме грунтовых вод в Чарджуйском и Керкинском округах Туркменской ССР. Вестник ирриг., 7, 1929.

Трубецкова О. М. и Семенова О. С. Минеральное питание как фактор засухоустойчивости. Тр. Ком. по ирриг., вып. 8, 1936.

Туева О. Ф. и Марсакова П. Г. Темпы развития и структуры урожая хлопчатника при различном засолении почв (рукопись). 1940.

Тюремнов С. И. Общий очерк солончаков Восточного Закавказья. Тр. Кубанского с.-х. ин-та, т. VI, Краснодар, 1929.

Тюремнов С. И. Почвы Восточно-Закавказской равнины. Тр. Азерб. почвенн. экспед. 1925—1926, вып. 2, Баку, 1927.

Тюремнов С. И. Почвенно-грунтовые условия южного участка Джафарханской опытной станции и его засоление. Гос. ин-т по изуч. засушл. обл., вып. 3, Москва, 1928.

Ускова Е. К. Подбор растений по степени их солевыносливости. Культура засоленных и орошаемых земель, Москва, 1931.

Усов Н. И. Влияние искусственного орошения и естественного увлажнения на процессы почвообразования в северной части Каспийской низменности. Учен. зап. Сарат. гос. унив., т. XII, вып. 1, 1934.

Усов Н. И. Динамика почвенных процессов при орошении бурых почв. Там же, т. 1, вып. 1, Саратов, 1937.

Усов Н. И. Роль поглощенного магния в образовании солонцовых свойств почвы. Там же.

Усов Н. И. Генезис и мелиорация почв Каспийской низменности, Саратов, 1940.

Усов Н. И. Исследование влияния оросительной системы сроков и норм полива на солевой режим почв в северной части Каспийской низменности. Уч. зап. Сарат. гос. унив., т. III, вып. 1, Саратов, 1935.

Усов Н. И. Влияние многолетней обработки и полива на солевой режим аллювиальных зернисто-слоистых ильменных почв дельты р. Волги. Там же.

Успанов У. У. Генезис и мелиорация такыров. Тр. Почвенного ин-та АН СССР, т. XIX, вып. 1, 1940.

Фалькова Э. А. Гидрогеологический очерк Джизакского района. Матер. по гидрогеол. Узбек., вып. 7, Ташкент, 1932.

Фальковский П. К. Круговорот влаги в почве под влиянием леса. Почвоведение, № 4, 1935.
Фатус Г. К. Почвы Курчанских плавней. Краснодар, 1935.
Федоров Б. В., Малахов В. и Федорова Е. Засоленные земли Ферганы и их мелиорация. Москва — Ташкент, 1934.
Федоров Б. Программные работы Солончакового отдела. Ташкент, 1928.
Федоров Б. Борьба с засолением и заболачиванием почв в хлопковых районах. Москва — Ташкент, 1933.
Федоров Б. Зависимость режима грунтовых вод от орошения и вопросы мелиорации солончаков в условиях Голодной Степи. Вестн. ирриг., № 8, Ташкент, 1930.
Федоров Б. Определение степени осолонения почв по растительному покрову. Ташкент, 1930.
Федоров Б. В. и Стец В. М. Освоение Ферганы и Голодной Степи как хлопковой базы СССР (рукопись). Ташкент, 1941.
Федоров Б. В. и Стец В. М. Мелиоративная записка по Голодной Степи (рукопись). 1939.
Федоров Б. В. Метод агромелиоративного и гидромодульного районирования территории (рукопись). 1941.
Федосеев А. О перераспределении влаги в почве зимой. Метеор. и гидрол., 2, 1941.
Фелициант И. П. Почвенная характеристика земельного фонда хлопковых районов Бухарской области (рукопись) 1940.
Феофарова И. И. Минералогическое определение водорастворимых минералов в засоленных почвах. Почвоведение, № 12, 1940.
Флора Узбекистана, т. I. Изд. УзФАН, Ташкент, 1941.
Цинзерлинг В. В. Орошение на Аму-Дарье. Москва, 1927.
Черняев А. И. Засоление почв Северного Кавказа при орошении и борьба с засолением (рукопись). Новочеркасск, 1939.
Шаров И. А. Мелиоративная схема Голодной Степи (рукопись). Москва, 1933.
Шаров И. А. Мелиоративная схема и опыт ее построения. Вестн. ирриг., № 7, 1929.
Шестаков А. Г. и Швыденков В. Г. Влияние различных катионов хлоридов и сульфатов питательного раствора на развитие растений. Тр. ВИУА. вып. 13, 1, Азотн. удобр., Москва, 1934.
Шевченко А. И. и Шмидт М. А. Методы изучения динамики водного баланса грунтовых вод на примере ирригационных систем рек Исфайрам и Шахимардан (рукопись). Ташкент, 1940.
Шевченко А. И. Краткий обзор материалов по режиму грунтовых вод Зеравшанской котловины Матер. по гидрогеол. Узб., вып. 15, Ташкент, 1933—1935.
Шевченко А. И. Материалы по гидрогеологии Узбекистана, вып. 3. Ташкент, 1932.
Шевченко А. И. Закономерности хода сезонных колебаний зеркала грунтовых вод р-на Сохской ирригационной системы. Режим подземных вод УзССР (рукопись), т. II, Ташкент, 1936.
Шевченко А. И. и Шмидт М. А. Сезонный режим зеркала грунтовых вод Зеравшанской котловины. Там же
Шмидт М. А. Режим грунтовых вод Узбекистана. Ташкент, 1938.
Шмидт М. А. О методике составления прогнозов режима подземных вод применительно к условиям УзССР (рукопись). Ташкент, 1939.
Шмидт М. А. Очерк гидрогеологии Узбекистана (рукопись). 1938.
Шмидт М. А. О методике изучения режима подземных вод УзССР. Ташкент, 1940.
Шмидт М. А. К вопросу о ходе сезонных колебаний уровня грунтовых вод в оазисах Узбекистана. Ташкент, 1937.
Шмидт М. А. К вопросу о методе учета возвратных вод в системе р. Туполанг. Матер. по гидрогеол. Узбек., вып. 10, Ташкент, 1933.
Шмидт М. А. Подземные воды в ирригационном хозяйстве УзССР. Соц. наука и техника, 9, Ташкент, 1939.
Шмидт М. А. Закономерности режима грунтовых вод Узбекистана. Матер. по гидрогеол. и инж. геол. УзССР, вып. 1, Ташкент, 1937.

Шмидт М. А Гидрогеологический очерк Китабо-Шахризябского района. Матер. по гидрогеол. Узб., вып. 8, Ташкент, 1932.

Шошин А. А Промывка и освоение засоленных земель в зоне аллювиальных отложений Кура-Араксинской низменности (рукопись). Кировабад, 1940.

Шошин А. А. Промывка засоленных земель в совхозе Карачала в 1936—1937 гг. (рукопись).

Шредер Ф. Ф. Наблюдение транспирации растений. Вести ирриг., № 4, Ташкент. 1925.

Шувалов С. А. К изучению солевого режима почв Центр. Ферганы в связи с севооборотами. Тр. УзФАН, сер. X, вып. 3, Ташкент, 1941.

Шувалов С. А. Почвы Узбекской ССР, т. 1 (рукопись). Ташкент, 1940—1941.

Шульц В Л. и Скворцов А. А. Гидрологический очерк Голодной Степи (рукопись). 1941.

Шульц В. Л., Тимофеев Е. М., Надеждин А. М. Основные черты гидрологии Средней Азии Ташкент, 1936.

Щеголева А. Д. Почвы дельты р Волги (рукопись). 1932

СОДЕРЖАНИЕ

Стр

Часть четвертая

Типы орошаемых оазисов СССР и борьба с засолением почв

Введение . . . . . .

Глава I. Приморские дельты рек степных и пустынных областей 8

1. Особенности соленакопления в приморских дельтах рек степных и пустынных областей 8
2. Дельта Аму-Дарьи 17
3. Важнейшие мероприятия по борьбе с засолением почв в дельте Аму-Дарьи (Хорезм, Кара-Калпакия) 19 29
4. Дельта рек Куры и Аракса (Кура-Араксинская низменность) 31
5. Главнейшие мероприятия по борьбе с засолением почв Кура-Араксинской низменности 40
6. Дельта реки Кубани 43

Глава II. Сухие континентальные (субаэральные) дельты рек степных и пустынных областей 45

1. Особенности соленакопления в сухих континентальных (субаэральных) дельтах рек степных и пустынных областей 45
2. Сухая дельта реки Сох 55
3. Сухая дельта реки Исфары 59
4. Сухие дельты рек Мургаб и Теджен 61
5. Сухая дельта реки Ширабад-Дарьи 68
6. Главнейшие мероприятия по борьбе с засолением в ирригационных оазисах, расположенных в сухих дельтах 71
7. Субаэральная дельта реки Зеравшан (Бухарский и Каракульский оазисы) 72
8. Мероприятия по борьбе с засолением в Бухарском и Каракульском оазисах 83

Глава III. Аллювиальные равнины 87

1. Особенности соленакопления в аллювиальных равнинах 87
2. Долина реки Зеравшан (Самаркандский оазис) 96
3. Ангрен-Чирчик-Келесское междуречье 103
4. Пролювиально-аллювиальная равнина реки Аракс (Ереванская равнина) 109
5. Долина реки Вахш 116
6. Главнейшие мероприятия по борьбе с засолением в долине реки Вахш 128
7. Древнеаллювиальная равнина реки Аму-Дарьи (Чарджоу-Фарабский оазис) 130
8. Главнейшие мероприятия по борьбе с засолением в Чарджоуском оазисе 136
9. Ферганская пролювиально-аллювиальная равнина (Ферганская долина) 138
10. Главнейшие мероприятия по борьбе с засолением в Ферганской долине 157
11. Дальверзин-Голодностепская аллювиальная равнина 162
12. Важнейшие мероприятия по борьбе с засолением в Голодной Степи 178

13. Поволжские аллювиальные равнины 182
А. Каспийская древнедельтовая равнина 183
Б. Заволжская Сыртовая равнина 191
В. Террасы реки Волги и ее притоков 195
а) Пойменная терраса реки Волги (Волга-Ахтубинская пойма) . . . 195
б) I терраса реки Волги и ее притоков. 200
в) II терраса реки Волги, ее притоков, Б. и М. Узеней 201
Глава IV. Схема классификации типов орошаемых оазисов СССР 207
1. Оазисы по преимуществу естественно недренированные (бессточные) 208
2. Оазисы по преимуществу естественно недостаточно дренированные . . 210
3. Оазисы естественно-дренированные 212

Часть пятая
Влияние солей на сельскохозяйственные растения

Введение 214
Глава I. Влияние солей на сельскохозяйственные растения . 216
1. Влияние солей на водный режим растений 216
2. Влияние солей на минеральное питание растений 218
3. Влияние солей на фотосинтез растений 232
4. Влияние солей на азотный обмен растений 234
5. Влияние солей на развитие и структуру урожая растений (на примере хлопчатника) 235
а) Всходы 235
б) Период бутонизации — цветения 239
в) Созревание и конец вегетации хлопчатника 243
г) Изменение анатомического строения хлопчатника под влиянием засоления 246
д) Влияние солей на качество волокна хлопчатника 251
Глава II. Возможные методы повышения солеустойчивости растений 255
1. Повышение всхожести семян и энергии их прорастания 255
а) Отбор лучших семян 256
б) Увеличение норм высева 256
в) Замочка семян 256
г) Яровизация семян 257
2. Предпосевная замочка и яровизация семян сельскохозяйственных растений в питательных и солевых растворах 258
а) Предпосевная замочка семян в солевых растворах 258
б) Предпосевная замочка и яровизация семян в питательных растворах 263
3. Удобрения и внекорневые подкормки как возможный способ повышения солеустойчивости растений 268
а) Удобрения и внекорневые подкормки свеклы 269
б) Удобрение и внекорневые подкормки хлопчатника 272
4. Воспитание солеустойчивости развивающегося растения 274

Часть шестая
Краткий обзор мероприятий по борьбе с засолением почв при орошении

Введение 280
Глава I. Общеоазисные (общесистемные) мероприятия 283
1. Организационные мероприятия 283
а) Перспективный (генеральный) план развития хозяйства в оазисе . 283
б) Количественный и качественный учет состояния почв оазиса . . 284

в) Наблюдения за грунтовыми водами 285
г) Организация труда и территории 285
д) Плановое водопользование 285
е) Кадры 286
2. Регулирование и улучшение водного баланса оазиса (системы) . . . 286
А. Уменьшение питания грунтовых вод 287
а) Плановое водопользование в ирригационных системах 287
б) Умеиьшение суммарного водозабора в головах магистральных каиалов системы 288
в) Борьба с фильтрацией в основной ирригационной сети 289
г) Армирование сети и сокращение протяженности каналов 291
д) Борьба с паводками 292
Б. Увеличение использования грунтовых вод сельскохозяйственными растениями 292
а) Увеличение коэффициента земельного использования 292
б) Использование грунтовых вод для полива 293
в) Введение севооборота и уплотнения культур 294
г) Древесные насаждения 294
В. Снижение и отвод грунтовых вод сетью общеоазисных коллекторов 296
3. Регулирование и улучшение солевого баланса оазиса (системы) 298
4. Ликвидация внутриоазисных и периферических сбросных болот и озер 300
Глава II. Внутрихозяйственные мероприятия 301
1. Внутрихозяйственные организационные мероприятия 301
А. Учет земельных фондов хозяйства 302
Б. Сеть внутрихозяйственных наблюдательных скважин 302
В. Введение севооборота и закрепление полей 303
Г. Трудовая нагрузка и материальная заинтересованность 303
2. Планировка поверхности орошаемых почв 304
3. Регулирование и улучшение внутрихозяйственного водного баланса . . 307
А. Повышение КПД внутри хозяйства 308
Б. Уменьшеиие поступлеиий в грунтовые воды 309
В. Уменьшение испарения и увеличеиие расхода грунтовых вод на транспирацию 310
а) Введение правильных севооборотов 310
б) Улучшение структуры орошаемых почв 311
в) Механическая обработка почв 312
г) Повторные и уплотненные культуры 313
Г. Снижение уровня и отвод грунтовых вод 316
4. Регулирование солевого режима почв в орошаемом хозяйстве 318
А. Механическая обработка почвы 319
Б. Севообороты 320
В. Регулирование солевого режима почв вегетационными поливами . . 321
Г. Регулирование солевого режима почв вневегетационным поливами . 322
Д. Уиичтожение солончаковых пятен на орошаемых полях 323
Е. Посев семяи в основание гребня глубокой борозды 324
Ж. Листерная культура 324
5. Промывки засоленных почв 324
6. Рассоление солончаков с помощью культуры риса 330
7. Повышеиие солеустойчивости растений 332
Заключение 333
Резюме на французском языке 336
Список основной использоваиной литературы и материалов 358

Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Академии Наук СССР

Редактор издательства *С. Т. Попова*
Технический редактор *Е. Н. Симкина*

РИСО АН СССР № 2752. А-0,216.
Тип. заказ № 231.
Подп. к печ. 3/VII 1947 г. Формат бум. 70 × 108¹/₁₆
Печ. л. 23½ + 4 вкл. Уч.-издат. л. 30,5. Тираж 2000.

2-я тип. Издательства Академии Наук СССР
Москва, Шубинский пер., д. 10

Цена 28 руб.

ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть
24	11 св.	кневной	дневной
97	Подп. к рис. 17 7 сн.	лювии	элювии
140	Подп. к рис. 24 2 св.	денулированные	денудированные
191	20 сн.	современно	совершенно

Проф. В. А. Ковда, „Происхождение и режим засоленных почв", т. II

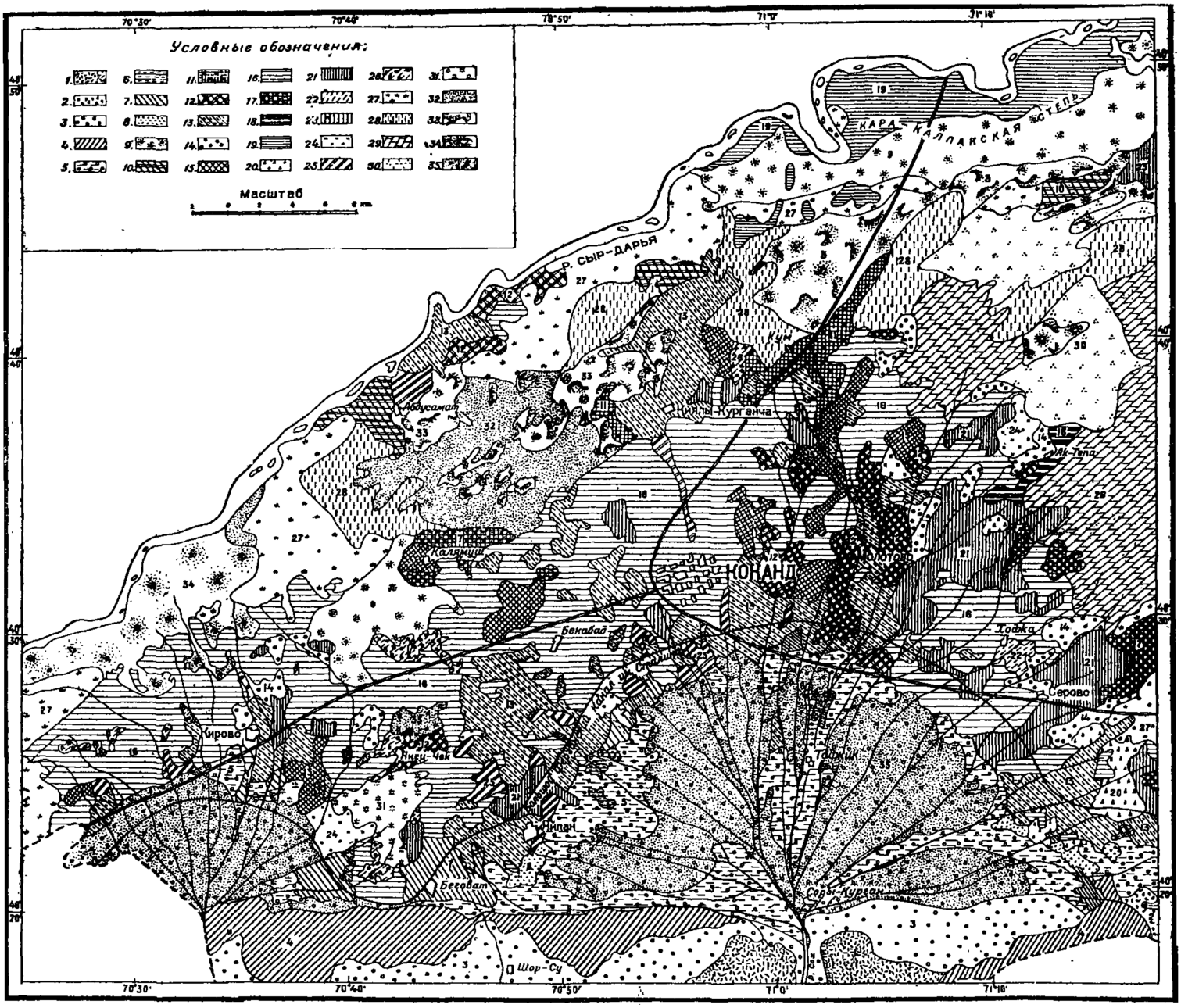


Рис. 9. Почвы Сохского и Исфаринского орошаемых оазисов (М. А. Паиков и З. Н. Антошина). Условные обозначения:

1 — типичные сероземы маломощные и вторичные галечниковые, на гипсированных галечниках с выходами коренных пород. *2* — поливные типичные сероземы, глинистые и суглинистые на галечниках с 1—2 м. *3* — светлые сероземы, гипсоносные, вторичные, галечниковые с выходами коренных пород. *4* — то же, но не вторичные. *5* — поливные светлые сероземы, суглинистые и хрящевато-суглинистые, на галечниках с 0,3—1 м. *6* — поливные светлые сероземы, суглинистые, глинистые, *7* — поливные светлые сероземы, суглинистые, супесчаные на суглинках, супесях и песках. *8* — поливные светлые сероземы, тяжелосуглинистые, глинистые на галечниках с 1—2 м. *9* — светлые луговые солончаковые почвы и солончаки, легкосуглинистые и супесчаные на суглинисто-глинистых отложениях. *10* — светлые луговые солончаковые почвы и солончаки, легкосуглинистые, супесчаные на супесчаных и песчаных отложениях. *11* — поливные светлые луговые почвы, слабозасоленные и промытые, тяжелосуглинистые глинистые на суглинках, супесях и песках. *12* — поливные светлые луговые почвы, слабозасоленные и промытые, легкосуглинистые на глинах и тяжелых суглинках. *13* — поливные светлые луговые почвы, слабозасоленные и промытые, легкосуглинистые и супесчаные на отложениях различного механического состава. *14* — поливные светлые луговые почвы, среднеи сильнозасоленные, тяжелосуглинистые и глинистые на отложениях различного механического состава, *15* — то же, но легкосуглинистые супесчаные на тяжелых суглинках и глинах, слабо- и среднезасоленные. *16* — то же, на отложениях различного механического состава. *17* — светлые и темные луговые солончаковые почвы и солончаки, глинистые и суглинистые. *18* — то же, на отложениях легкого механического состава. *19* — поливные светлые луговые почвы, солончаковатые, глинистые и суглинистые. *20* — поливные темные луговые почвы, слабозасоленные и промытые, тяжелого механического состава. *21* — поливные темные луговые почвы, солончаковатые, тяжелого механического состава, преимущественно на оверных аллювиях. *22* — то же, на отложениях преимущественно пролювиально аллювиальных. *23* — болотные и болотно-луговые, солончаковые, глинистые почвы. *24* — поливные солончаковые, болотные почвы тяжелого механического состава. *25* — поливные болотно-луговые почвы, слабо- и среднезасоленные. *26* — пухлые и корково-пухлые солончаки тяжелого механического состава. *27* — то же, легкого механического состава. *28* — то же, с выходами песков. *29* — то же, с пятнами луговых болотных и песчаных массивов. *30* — комплекс пухлых и легкосуглинистых солончаков на повышениях и луговых, болотных солончаковых почв глинистого состава в понижениях. *31* — комплекс примитивных глинистых и хрящеватых сероземов, такыров, солончаков и песчаных бугров. *32* — бугристые и барханные пески с пятнами солончаков. *33* — неукрепленные бугристые, барханные и грядовые пески с пятнами солончаков. *34* — песчаные и галечниково-песчаные бугры и выходы третичных пород. *35* — галечники дельт и конусов выноса