

Ф.Р. Зайдельман

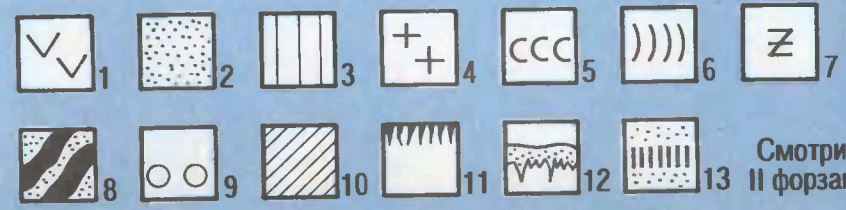
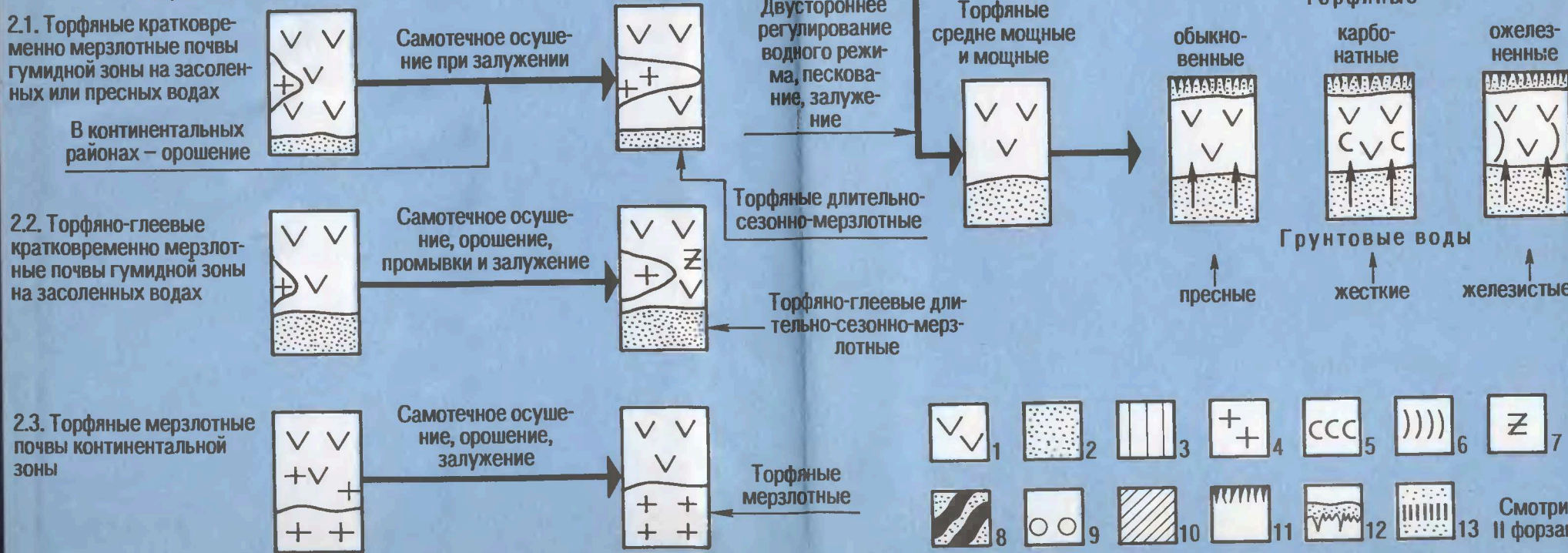
**ЭКОЛОГО-
МЕЛИОРАТИВНОЕ
ПОЧВОВЕДЕНИЕ
ГУМИДНЫХ
ЛАНДШАФТОВ**

СХЕМА ЭВОЛЮЦИИ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ОСУШЕНИЯ

1. Южная тайга и широколиственная зона европейской территории страны



2. Европейский Север, Сибирь, северная тайга, Дальний Восток



Ф.Р. Зайдельман

ЭКОЛОГО· МЕЛИОРАТИВНОЕ ПОЧВОВЕДЕНИЕ ГУМИДНЫХ ЛАНДШАФТОВ



МОСКВА
ВО · АГРОПРОМИЗДАТ·
1991

Z a i d e l m a n F. R. Ecologo-meliorative pedology of humid landscapes. — М.: Agropromizdat, 1991, — 320 p. ISBN 5—10—000826—1

Soils are estimated in terms of their ecology and hydrology as the habitat of agricultural plants; the water regime of undrained and drained soils is shown to be interrelated with the yields of crops. Systems of agrochemical, agromeliorative and hydrotechnical measures are recommended to regulate the water regime in soils of different genesis, composition, reasons of their bogging; the systems of measures are provided for various soil-meliorative conditions. Crop productivity is studied in terms of the effects rendered on it by salt and oxide accumulations in drained soils, by removal of nutrients with the drainage runoff, by zonal-provincial features of melioration, farming, ecology, protection, evolutionary factors of meliorated soils.

For scientific workers dealing with pedology, melioration of soils and with water economy.

74 tables. 52 illustrations. 121 bibliographic references.

З а й д е л ь м а н Ф. Р. Эколого-мелиоративное почвоведение гумидных ландшафтов. — М.: Агропромиздат, 1991. — 320 с.: ил. ISBN 5—10—000826—1

Дана эколого-гидрологическая оценка почв как среды обитания сельскохозяйственных растений; показана взаимосвязь водного режима недренированных и дренированных почв с урожайностью культур. Рекомендованы системы агрономических, агромелиоративных и гидротехнических мероприятий по регулированию водного режима почв разных генезиса, состава и причин заболачивания для различных почвенно-мелиоративных условий. Исследованы влияние на урожайность солевых и оксидных аккумуляций в осушенных почвах, вынос элементов питания с дренажным стоком, зонально-провинциальные особенности мелиорации, земледелия, охраны, факторы эволюции мелиорированных почв.

Для научных работников, занимающихся вопросами почвоведения, мелиорации и водного хозяйства.

Таблиц 74. Иллюстраций 52. Библиографий 121.

3702040000 — 093

3 ————— 10-91
 , 035 (01) — 91

ISBN 5—10—000826—1

© Ф. Р. Зайдельман, 1991

ВВЕДЕНИЕ

Мелиоративное почвоведение — раздел почвоведения, фундаментальной науки о почвенном покрове земли, который рассматривает почвы как объект мелиорации. Мелиоративное почвоведение гумидных ландшафтов исследует с этих позиций почвы тундры и лесотундры, северной, средней и южной тайги, зоны широколиственных лесов. Такие ландшафты широко представлены на территории Европейского, Азиатского и Американского континентов. В Советском Союзе они в основном расположены в Нечерноземной зоне, которая занимает более 50 % площади страны. Значение почв гумидных ландшафтов в народном хозяйстве трудно переоценить, поскольку здесь отсутствует засуха, нет естественного и вторичного засоления, осолонцевания, слитизации, не проявляется на обширных площадях ветровая и водная эрозия.

Большинство сельскохозяйственных растений могут успешно расти и развиваться в том случае, если поверхностные слои рыхлых отложений обладают благоприятными свойствами и режимами в толще мощностью 1...1,5 м. Поскольку именно в этой толще располагаются поверхностные горизонты почвенного профиля, почвы всех зон земли являются непосредственным объектом мелиорации.

В аридной и сухостепной зонах мелиорация направлена на улучшение свойства и режимов не только почв, как в условиях Нечерноземной зоны, но и на изменение состава и режима почвообразующих, подстилающих пород и поверхностных слоев грунтовых вод. Если в ареалах традиционного орошения объект мелиорации — обычно почвы, породы и грунтовые воды — три важнейших элемента ландшафта, то в гумидных ландшафтах почвы оказываются не только непосредственным, но и, как правило, единственным таким объектом. Из этого следует, что для условий гумидных ландшафтов мелиоративное почвоведение — фундаментальная теоретическая дисциплина, изучающая свойства и режимы почв как непосредственного и единственного объекта мелиорации.

Задачи мелиоративного почвоведения не ограничиваются только регистрацией свойств и констатацией особенностей режима. Они теснейшим образом связаны с общими проблемами генетического почвоведения, поскольку рациональный выбор принципов и способов мелиорации, анализ причин возникновения тех или иных свойств (химических, физических, минералогических и др.) и режимов почв определяются полнотой понимания условий формирования их покрова, т. е. генезиса. Однако этим не исчерпывается круг проблем мелиоративного почвоведения вообще и, в частности, в гумид-

ных ландшафтах. Под влиянием мелиоративных мероприятий происходит глубокое изменение свойств и режимов почв как непосредственного массива мелиорации, так и основных элементов ландшафта в целом — почвенного и растительного покрова, животного мира, гидрологических, геологических, гидрогеологических условий и др. Задача заключается, очевидно, не только в том, чтобы понять основную направленность этих изменений, но и своевременно их прогнозировать.

В этой связи особое значение имеет проблема исследования эволюции мелиорированных почв в условиях современного интенсивного сельскохозяйственного производства. Этот круг вопросов, несомненно, будет приобретать со временем все большую значимость, по крайней мере, по трем причинам. Во-первых, потому, что интенсификация земледелия неразрывно связана с оптимизацией свойств и режимов почв путем их мелиорации. Последнее становится наиболее очевидным в условиях значительного повышения продуктивности сельскохозяйственных полей. Во-вторых, потому, что мелиорация в условиях сбалансированных социально-экономических отношений будет распространяться на обширные территории традиционных и новых областей с ранее неизученной природной обстановкой. Наконец, третья причина состоит в том, что достижения научно-технического прогресса в настоящее время широко внедряются в практику мелиорации, а это вызывает необходимость всестороннего анализа как положительных, так и негативных ее последствий в разных регионах страны.

Совершенно очевидно, что решение всех этих вопросов тесно связано с объективным анализом возможных экологических сдвигов в результате мелиорации и своевременной профилактики нежелательных явлений.

Из сказанного следует, что мелиоративное почвоведение Нечерноземной зоны раскрывает не только исходные (естественные) свойства почв как объекта мелиорации, но и отражает те изменения, которые претерпевает почвенный покров под влиянием гидротехнического, агромелиоративного и агрономического воздействия. Таким образом, мелиоративное почвоведение призвано отразить эволюцию почв в условиях их направленного и целесообразного в экологическом отношении изменения при вовлечении в сельскохозяйственное, лесохозяйственное и водохозяйственное производства.

Мелиоративное почвоведение базируется на изучении генезиса, свойств и режимов почв в естественном состоянии, эволюции почв под влиянием мелиоративных мероприятий и их трансформации в процессе хозяйственной деятельности человека. В этом смысле это наука о будущем почвенного покрова, поскольку темпы мелиоративного строительства в гумидных ландшафтах быстро и неуклонно нарастают.

В нашей стране представления о почвах как объекте мелиорации в силу объективных причин развивались неравномерно. В предвоенный период внимание было сосредоточено на проблемах орошения, в частности на создании прочной хлопковой базы. Наиболее эффектив-

но и интенсивно развивалась ирригация в Средней Азии и в Закавказье. В области мелиоративного почвоведения разрабатывались преимущественно теория мелиорации засоленных почв и проблемы мелиорации в условиях орошаемого земледелия. Эта ситуация объективно обусловила появление выдающихся работ в области мелиоративного почвоведения южных регионов страны (Н. А. Димо, Б. Б. Полюнов, И. Н. Антипов-Каратаев, В. А. Ковда, В. Р. Волобуев, В. М. Боровский и др.). Эти и собственные работы блестяще обобщил Л. П. Розов — автор первого учебника "Мелиоративное почвоведение" (1936). Однако в этой книге не были рассмотрены специальные вопросы мелиоративного почвоведения зоны избыточного увлажнения в той мере, которая определялась актуальными практическими задачами.

В этот период мелиоративные строительные работы и исследования почв как объекта мелиорации в гумидной зоне развивались еще относительно слабо; объектом мелиорации обычно были лишь органические почвы, изучение которых ограничивалось преимущественно ботанико-культуртехническими изысканиями. Сведения о свойствах этих почв были весьма неполными, они слабо использовались при разработке проектов мелиорации болотных массивов.

В послевоенный период в стране начинается интенсивная мелиорация в Прибалтийских республиках, Белоруссии, Нечерноземной зоне РСФСР. Накапливается значительный материал о свойствах и режимах почв гумидных ландшафтов. Мелиорация становится важным фактором интенсификации сельскохозяйственного производства не только на органических, но и на минеральных почвах разного генезиса и состава. Вместе с тем одновременно накапливаются сведения о возможных серьезных негативных последствиях мелиорации. Возникает необходимость не только глубокого изучения гидроморфных почв как объекта мелиорации, но и тщательного почвенно-мелиоративного обоснования каждого мелиоративного проекта. В 1959 г. в СССР выходит в свет первое Руководство по производству почвенно-мелиоративных и культуртехнических изысканий для составления проектных заданий осушения и сельскохозяйственного освоения болотных и заболоченных почв. Оно было написано выдающимся советским почвоведом-мелиоратором В. И. Шрагом. Выход в свет этой работы можно рассматривать как дату становления мелиоративного почвоведения гумидной зоны в нашей стране. Руководство В. И. Шрага регламентировало содержание и состав почвенно-мелиоративных изысканий на массивах осушения, определяло условия картографирования почв для обоснования проектов мелиорации и методику их выполнения.

Основная задача настоящей книги — систематизация современных представлений о генезисе, свойствах и режимах почв гумидных ландшафтов в связи с их мелиорацией и сельскохозяйственным использованием. Именно поэтому здесь не рассматриваются вопросы методики изучения почв в мелиоративных целях, а также их гидрология и классификация.

Особую актуальность в настоящее время приобретает оценка экологических изменений почв в результате мелиорации. Сегодня одна из

важнейших задач мелиоративного почвоведения заключается не только в том, чтобы раскрыть свойства, режимы почв и оценить их изменения во времени, но и в первую очередь в том, чтобы понять и предотвратить нежелательные и опасные экологические сдвиги. Акцентируя эту задачу, следует подчеркнуть особую значимость правильного экологического подхода при обосновании мелиоративных решений. Под экологией почв в данном случае мы понимаем прежде всего ее внутреннее, эндогенные свойства, определяющие условия обитания человека, животного и растительного мира. Очевидно, в условиях агроландшафта особый интерес приобретают свойства почв как среды обитания сельскохозяйственных растений.

1. ФАКТОРЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ, ЗОНАЛЬНЫЕ И ПРОВИНЦИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ И ИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Факторы почвообразования (климат, почвообразующие породы, рельеф, растительность и животный мир, возраст), установленные В. В. Докучаевым (1898), определяют не только условия формирования почв, но и важнейшие особенности их мелиорации и сельскохозяйственного использования.

В мелиоративном отношении анализ факторов почвообразования актуален потому, что они определяют принципиальную направленность мелиоративных мероприятий, т. е. *метод* мелиорации. Поскольку почвы наследуют свойства почвообразующих пород и отражают особенности климатических, геологических и гидрологических условий, факторы почвообразования диктуют и *способ* мелиорации, т. е. конкретный состав мероприятий, направленных на изменение неблагоприятных свойств и режимов почв. Следует, однако, подчеркнуть, что при выборе способа мелиорации наряду с естественными условиями определяющее значение приобретают экономические факторы, поскольку в результате мелиорации должна быть создана *совершенная мелиоративная система*. К ним следует относить такие системы, которые при минимальных затратах позволяют получать максимальный экономический эффект на фоне благоприятного экологического воздействия на окружающую среду и повышение плодородия почв.

Общая направленность мелиоративных мероприятий определяется зональными климатическими условиями.

1.1. КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ОБЩАЯ НАПРАВЛЕННОСТЬ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Климатические условия Нечерноземья и общая направленность мелиоративных мероприятий определяются зональной и провинциальной приуроченностью исследуемой территории. Их оценка приведена на рисунке 1.1 и в таблице 1.

Следует, однако, подчеркнуть, что в мелиоративном и агрономическом отношениях наибольший интерес представляют территории южнее южной границы северотаежной подзоны, поскольку основные сельскохозяйственные районы располагаются южнее изотермы 1250°C

∞ 1. Климатические и мелиоративные особенности территории Нечерноземной зоны РСФСР

Зоны и подзоны	Провинции равнинных территорий	Особенности мелиорации почв, связанные с зональными и провинциальными условиями
А – тундровая и лесотундровая зоны		
Б – северотаежная подзона $\Sigma t > 10^{\circ} \text{C} (400...1250^{\circ} \text{C})$	Б1 – Кольско-Карельская	В настоящее время преимущественно неземледельческие территории. В лесотундре возможно очаговое использование торфяных почв после осушения сетью открытых каналов или ложбин
	Б2 – Онежско-Тиманская	
	Б3 – Тимано-Печорская	
В – среднетаежная подзона $\Sigma t < 10^{\circ} \text{C} (1250...1600^{\circ} \text{C})$	В1 – Карельская	Осушение почв закрытым дренажем (преимущественно в поймах) и сетью открытых каналов. Организация стока надмерзлотной верховодки. Тепловые мелиорации (снегозадержание, пескование, глинование, применение темноокрашенных покрытий). Выборочное орошение овощных культур, преимущественно на легких почвах. Мелиорация переходных болот в Карельской провинции
	В2 – Онего-Двинская	
	В3 – Камско-Верхневечегодская	

Зоны и подзоны	Провинции равнинных территорий	Особенности мелиорации почв, связанные с зональными и провинциальными условиями
<i>Г</i> – южнотаежная подзона	<i>Г1</i> – Прибалтийская	Осушение почв преимущественно закрытым дренажем.
	<i>Г2</i> – Белорусская	Организация поверхностного стока на тяжелых почвах.
	<i>Г3</i> – Среднерусская	Регулирование водного режима осушаемых почв путем создания систем двустороннего действия. Субиригация торфяных почв. Профилактические мероприятия по защите торфяных почв от сработки. При благоприятном рельефе – субиригация легких почв. Орошение в первую очередь овощных культур и пастбищ
$\Sigma t > 10^{\circ} \text{C}$ (1600...2200 $^{\circ} \text{C}$)	<i>Г4</i> – Вятско-Камская	
<i>Д</i> – зона широколиственных лесов	<i>Д1</i> – Среднерусская	Зоны преимущественного развития орошения. Осушение выборочное, безусловная субиригация дренаруемых торфяных почв, их защита от сработки и осолонцевания (в лесостепи); при благоприятном рельефе – субиригация легких почв. Орошение овощных и кормовых культур, пастбищ, садов
	<i>Д2</i> – Прикамская	
$\Sigma t > 10^{\circ} \text{C}$ (1700...2300 $^{\circ} \text{C}$)		
<i>Е</i> – лесостепная зона		
$\Sigma t > 10^{\circ} \text{C}$ (2100...2400 $^{\circ} \text{C}$)		

Границы: — почвенно-географических зон; --- почвенно-географических провинций.

Примечание. Границы зон, подзон и провинций даны на карте "Почвенно-географическое районирование Нечерноземной зоны РСФСР" под ред. Г. В. Добровольского (1980 г.) и карте "Физико-географические районы Нечерноземного центра" под ред. Н. А. Гвоздецкого и В. К. Жучковой.

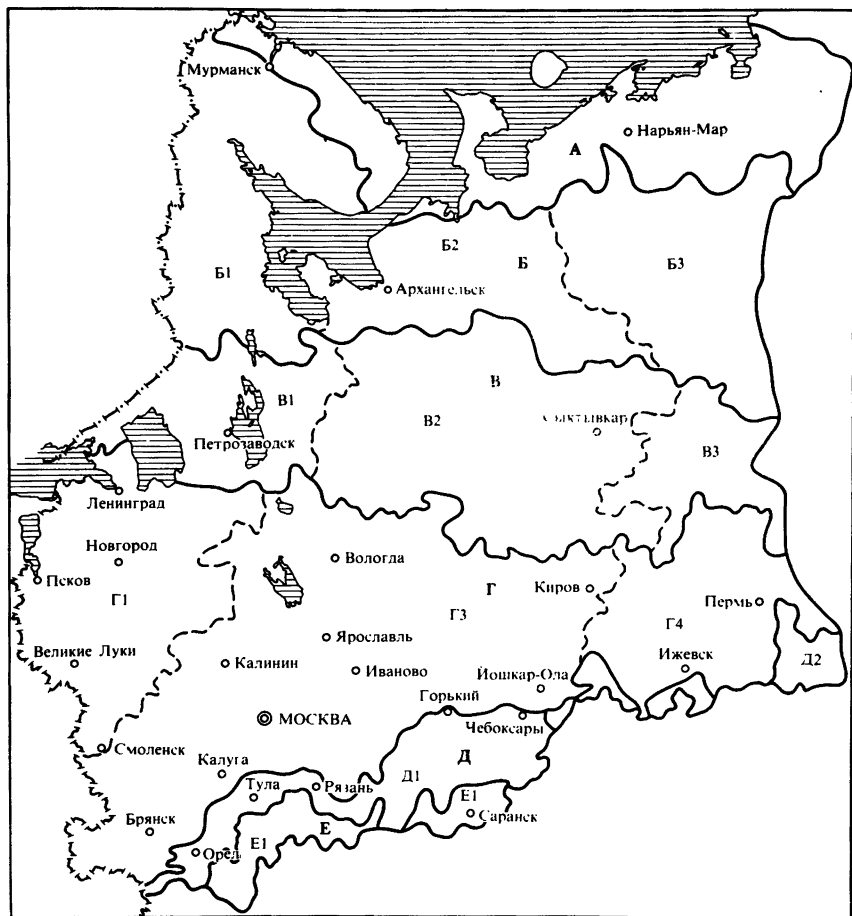


Рис. 1.1. Зоны, подзоны и провинции Нечерноземья европейской территории РСФСР:

А – тундровая и лесотундровая зоны; *Б* – северотаежная подзона (провинции: *Б1* – Кольско-Карельская; *Б2* – Онежско-Тиманская; *Б3* – Тимано-Печорская); *В* – среднетаежная подзона (провинции: *В1* – Карельская; *В2* – Онего-Двинская; *В3* – Камско-Верхневичегодская); *Г* – южнотаежная (провинции: *Г1* – Прибалтийская; *Г3* – Среднерусская; *Г4* – Вятско-Камская); *Д* – зона широколиственных лесов (провинции: *Д1* – Среднерусская; *Д2* – Прикамская); *Е* – лесостепная зона (*Е1* – среднерусская провинция)

(рис. 1.2). В более высоких широтах распространено очаговое земледелие, общая площадь которого не превышает 3 % территории подзоны северной тайги. Надо отметить и то, что в пределах северной и значительной части средней тайги современные пашни имеют весьма подчиненное распространение. Здесь абсолютно доминируют луговые угодья.

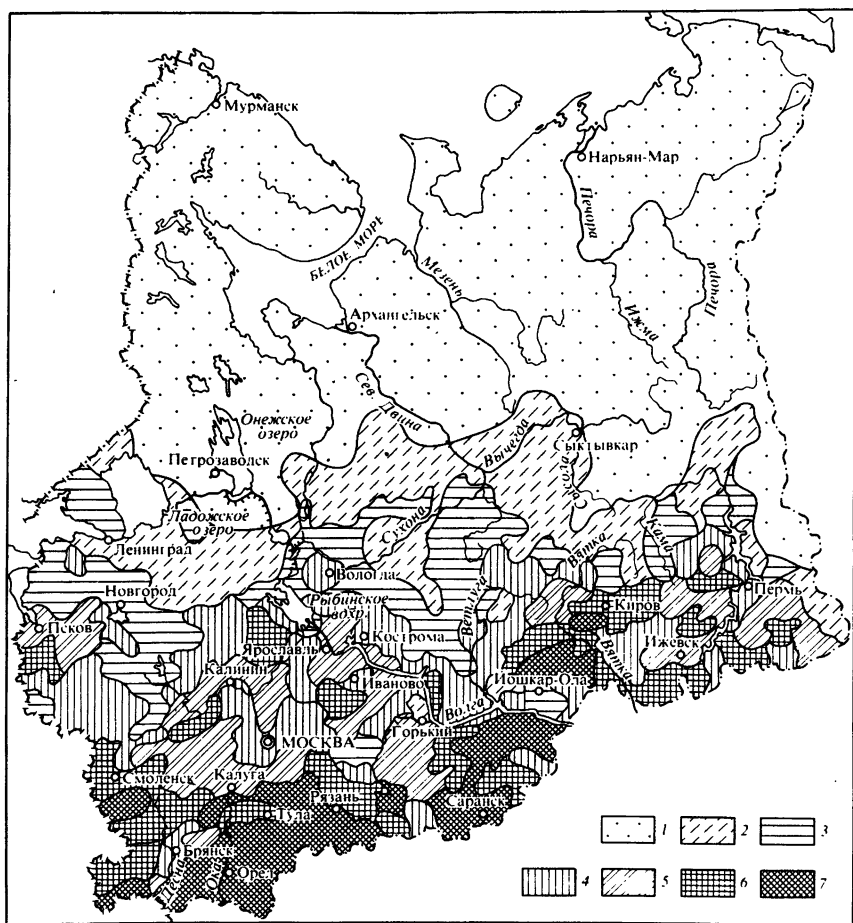


Рис. 1.2. Распределение сельскохозяйственных угодий, % общей земельной площади (по А. Н. Ракитникову):

1 — до 3; 2 — 3...10; 3 — 10...20; 4 — 20...35; 5 — 35...50; 6 — 50...65; 7 — более 65

1.2. ПОЧВООБРАЗУЮЩИЕ ПОРОДЫ

Территория Русской платформы в пределах Нечерноземной зоны РСФСР отличается сложным геолого-литологическим строением. На крайнем западе и на востоке этой территории близко к дневной поверхности залегают или выходят на поверхность доледниковые массивно-кристаллические или осадочные породы. На западе региона в пределах Балтийского щита и в целом в пределах Кольско-Карельской провинции — это мощные толщи кристаллических изверженных преимущественно кислых пород — гранитов, сиенитов, диоритов, гранодиоритов и др. Их выходы на дневную поверхность прослеживаются на

Кольском полуострове и в Карелии. В южных районах этой республики они нередко перекрыты относительно маломощной толщей каменистых легких моренных отложений. По западной границе Нечерноземной зоны РСФСР южнее южной границы Карелии относительно неглубоко от поверхности залегают плотные силурийские известняки и доломиты. Эти породы на ограниченных площадях выходят на дневную поверхность в пределах Ижорских высот, на территории Приильменской низменности, в бассейне Псковского и Чудского озер. На востоке в Предуралье доледниковые отложения образованы мощными толщами осадочных пород мезозоя, а их поверхностные слои, формирующие почвообразующие отложения, — элювием этих пород. Здесь доминирует глинистый элювий красноцветных карбонатных пород пермского периода и триаса, встречается элювий сероцветов юры и элювий песчаников мела.

На всей остальной территории Нечерноземной зоны РСФСР в пределах европейской территории СССР между этими двумя ареалами выхода на поверхность массивно-кристаллических и осадочных пород дочетвертичного времени на крайне западных и восточных границах региона повсеместно распространены различные по генезису и составу гляциальные и постгляциальные породы плейстоцена (рис. 1.3).

В лесостепной и широколиственных зонах в пределах территории распространения днепровского и частично московского оледенения широко представлены крупнопылеватые покровные бескарбонатные суглинки и глины. Почвообразующие породы ареала московского оледенения в границах таежной зоны образованы мелкокаменистой мореной суглинистого и глинистого механического состава, покровными лессовидными суглинками и глинами. Зону валдайского оледенения образуют нерасчлененная толща крупнокаменистых моренных отложений различного состава, озерно-ледниковые (в том числе ленточные) суглинистые и глинистые породы. Моренные отложения обычно окаймлены огромными задровыми равнинами флювиогляциального происхождения, образующими своеобразные в мелиоративном отношении полесские ландшафты. В Нечерноземной зоне существует ряд полесий — Деснинское, Окско-Мещерское, Мокшинское, Вятско-Камское, Верхневолжское и др. Здесь повышенные элементы рельефа образованы обычно мощной толщей флювиогляциальных песков, а низины выполнены торфами различного ботанического состава и степени разложения.

На значительной части Нечерноземья мощные потоки вод тающих ледников перекрывали собственно гляциальные отложения и откладывали на их поверхности грубый нанос легкого гранулометрического состава — песок и супесь. В зависимости от рельефа и гидродинамических условий этот легкий нанос обладал различной мощностью. Такие двучленные отложения (преимущественно песчаные и супесчаные слои, подстилаемые на небольшой глубине — 0,5...1,5 м — суглинистыми и глинистыми моренными или реже покровными породами) получили весьма широкое распространение в средней и южной тайге Нечерноземной зоны РСФСР. Различия почвообразующих пород

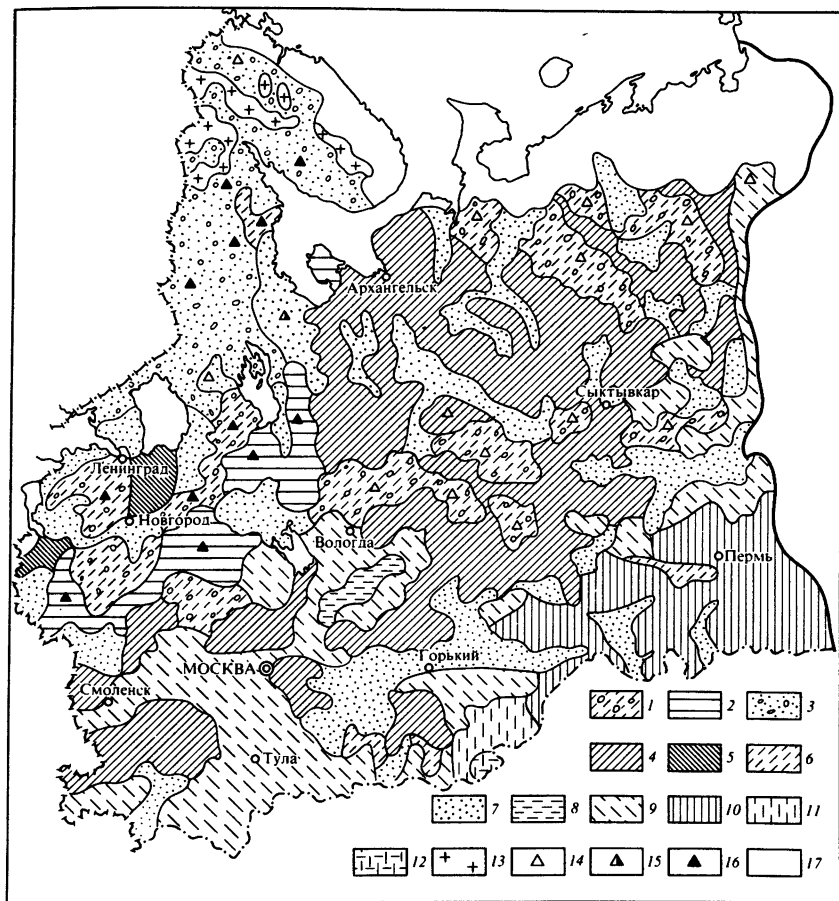


Рис. 1.3. Карта почвообразующих пород Нечерноземной зоны РСФСР (генезис и состав):

1 – моренные пески, супеси, суглинки и глины с песчано-гравийными прослоями; 2 – моренные суглинки и глины; 3 – моренные супеси и пески; 4 – моренные, флювиогляциальные и древнеаллювиальные пески и супеси (маломощные – менее 0,6 м; среднемощные – 0,6...1,2 м; мощные – более 1,2 м), подстилаемые тяжелыми породами различного генезиса (двучлены); 5 – озерно-ледниковые и морские суглинки и глины (в том числе ленточные); 6 – озерно-ледниковые, флювиогляциальные, древнеаллювиальные, морские супеси и пески; 7 – озерно-ледниковые, флювиогляциальные, древнеаллювиальные морские пески; 8 – озерно-аллювиальные пески, супеси, суглинки, глины; 9 – покровные лессовидные суглинки и глины; 10 – суглинистый и глинистый элюводелювий красноцветов (пермь-триас); 11 – суглинистый и глинистый элюводелювий сероцветов (юр-мел); 12 – песчано-щебнистый элюводелювий (мел-палеоген); 13 – коренные породы; 14, 15 и 16 – соответственно слабые, средние и сильные каменистые почвы; 17 – почвы тундры и лесотундры

оказываются важнейшим фактором генезиса почв, формирования их водного режима. Они в значительной мере определяют состав мелиоративных работ в регионе.

Более полный анализ основных почвообразующих пород приведен в разделе, посвященном изменению их свойств под влиянием глееобразования (см. с. 44).

1.3. ПРИЧИНЫ ЗАБОЛАЧИВАНИЯ ПОЧВ

Три фактора почвообразования: климат, рельеф и геологическое строение территории — определяют особенности гидрологического режима почв и причины их заболачивания. Под причиной заболачивания почв понимают такой гидрологический фактор (или факторы), который вызывает длительный анаэробиз почв, обусловленный застоем влаги, приводящий к угнетению или гибели сельскохозяйственных культур. Такими гидрологическими факторами, вызывающими токсический анаэробиз для сельскохозяйственных культур, в Нечерноземной зоне являются поверхностные (атмосферные, намывные склоновые и намывные русловые воды), грунтовые и напорные воды. Причины заболачивания имеют отчетливую географическую приуроченность. На севере в зоне распространения многолетней мерзлоты абсолютно доминирует заболачивание атмосферными или иными поверхностными водами. В условиях непродолжительного существования в теплый период года в горизонтах почвенного профиля мерзлотных слоев на тяжелых почвообразующих породах (лимно-гляциальных, покровных, моренных, пермских и других тяжелых суглинках и глинах, мощных толщах глинистого аллювия) заболачивание почв, как правило, обусловлено намывными склоновыми и русловыми водами. Изредка здесь возможно заболачивание напорными или грунтово-напорными водами. Заболачивание почв грунтовыми водами абсолютно доминирует в полесьях, низменных пологих равнинах, образованных флювиогляциальными и древнеаллювиальными легкими отложениями.

Кроме рассмотренных пяти гидрологических факторов заболачивания почв суши, следует упомянуть еще два, имеющих в сельскохозяйственной зоне Нечерноземья подчиненное значение: биогенное заболачивание суши в результате естественной спонтанной смены растительных ассоциаций и заболачивание водоемов.

В пределах Нечерноземной зоны РСФСР площадь избыточно увлажненных почв, возникших под действием тех или иных причин заболачивания, в разных регионах этой территории весьма неоднородны. Их максимальная площадь распространения приурочена к северо-востоку зоны и к ее западным границам (рис. 1.4). Здесь площадь заболоченных почв составляет соответственно более 70 и 50...70 %. В южных районах зоны, южнее линии Тула—Рязань—Горький—Пермь, их общая площадь не превышает 10 %. По мере продвижения с запада на восток в результате усиления континентальности климата на уровне одной и той же параллели происходит сокращение площади, занимаемой заболоченными почвами. Так, по линии Псков—

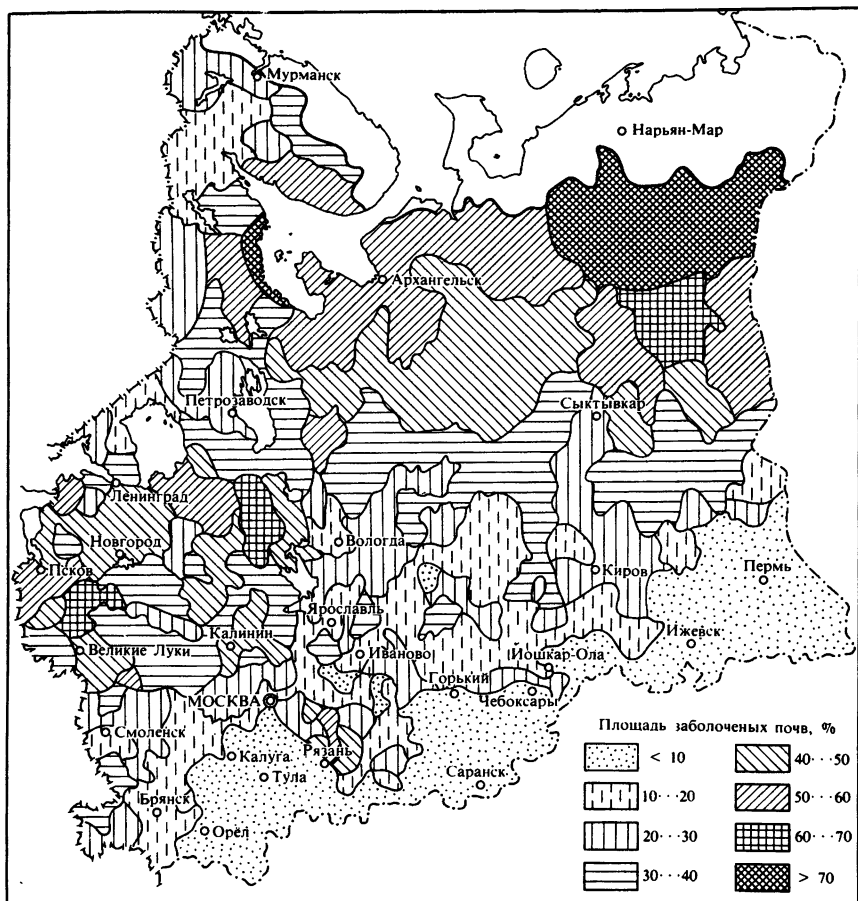


Рис. 1.4. Карта распространения заболоченных и болотных почв Нечерноземной зоны РСФСР

Киров — Пермь их площадь сокращается соответственно с 50...60 до 20...30 и 10 %.

2. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ КАК ОСНОВНАЯ ПРИЧИНА ТРАНСФОРМАЦИИ СВОЙСТВ ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД

Почвенный покров гумидных ландшафтов формируется в процессе изменения свойств почвообразующих пород под влиянием специфических процессов почвообразования. Несомненно, почвы наследуют свойства пород. Однако трансформация последних в процессе почвообразования может обусловить их глубокие изменения, существенно

влияющие на выбор определенных мелиоративных и природоохранных решений.

В гумидных ландшафтах такими процессами являются дерновый процесс почвообразования, процесс подзоло- и глееобразования, буроземообразования. Важное значение в формировании почвенного покрова в условиях гумидного климата играют явления лессиважа, а также процессы гидрогенной аккумуляции двух- и трехвалентных металлов в горизонтах почвенного профиля. Существенную роль в формировании облика почв речных долин играют аллювиальный и поемный процессы, определяющие интенсивность седиментации твердого стока на пойменной террасе, продолжительность затопления и интенсивность развития гидроморфизма.

Дерновый процесс проявляется в накоплении органического вещества (гумуса) в поверхностных горизонтах почвенного профиля. Дерновый процесс протекает в аэробных условиях или при таком чередовании фаз аэробно- и анаэробно-разложения, когда происходит глубокое разложение растительных и животных организмов до гумифицированных остатков.

Процесс торфообразования заключается в анаэробной, преимущественно субаквальной консервации остатков растений-торфообразователей. В результате торфообразования формируется торфяная залежь, верхние горизонты которой образуют профиль органогенной почвы. Ее свойства, как и свойства торфяной залежи, определяются составом растений-торфообразователей, степенью их разложения и неконституционной зольностью.

Лессиваж — процесс выноса тонких (преимущественно илистых) фракций мелкозема из верхних горизонтов в нижние без предварительного разрушения алюмо- и феррисиликатных минералов.

Процесс гидрогенной аккумуляции двух- и трехвалентных металлов в профиле гидроморфных почв заключается в привносе с током грунтовых вод в нижние слои зоны аэрации почвенного профиля оксида железа, углекислого кальция и углекислого магния и реже гипса. В результате формируются горизонты аккумуляции гидроокисного железа — ортзанды, рудяки, железистые коры, а при заболачивании почв жесткими грунтовыми водами — горизонты лугового мергеля, туфа, известковые конкреции и иные формы новообразований.

Важнейшее значение для понимания современного почвообразования в условиях гумидных ландшафтов имеет процесс *глееобразования*. Именно этот глобальный почвообразовательный процесс определяет облик почвенного покрова гумидных ландшафтов, вообще всей территории земного шара с гумидным климатом. Понять сущность этого процесса, его связь с другими процессами почвообразования — одна из наиболее интересных теоретических задач почвоведения, тесно связанная с решением широкого круга прикладных мелиоративных и агрономических вопросов. Не располагая возможностью полного изложения затронутой проблемы, следует тем не менее подчеркнуть следующее.

Глееобразование — наиболее распространенный процесс почвообразования в гумидных районах земного шара. Понимание его общих закономерностей создает основу для объективной оценки генезиса почв в зоне избыточного увлажнения, их свойств как объекта мелиорации. Эти закономерности наиболее полно могут быть раскрыты в условиях модельного эксперимента, когда оценить влияние этого процесса на почвообразующие породы можно независимо от других процессов почвообразования. Полученные экспериментальные данные позволяют сделать следующие выводы, представляющие определенное теоретическое и практическое значение для понимания закономерностей формирования структуры почвенного покрова гумидных ландшафтов, диагностики почв разной степени гидроморфизма и оценки изменения свойств почвообразующих пород под влиянием глееобразования.

1. Глееобразование независимо от водного режима и пород — всегда элювиальный процесс, увеличивающий в растворе концентрации двух- и трехвалентных металлов, органических соединений и их подвижность. Если обеспечен их систематический отток, то практически во всех районах земного шара на кислых породах возникают почвы со светлыми кислыми элювиальными горизонтами, обедненными железом и алюминием, марганцем, магнием, кальцием и илом. Само появление этих светлых горизонтов, обезжелезнение плазмы, периодическое падение ОВП, т. е. признаков, свойственных всем подзолистым почвам, безусловно, указывает на периодическое оглеение их профиля. Таким образом, подзолообразование есть не что иное, как одна из форм глееобразовательного процесса, которая реализуется на кислых и нейтральных породах в условиях периодического застоя влаги и обеспеченного дренажа поверхностных горизонтов (рис. 2.1).

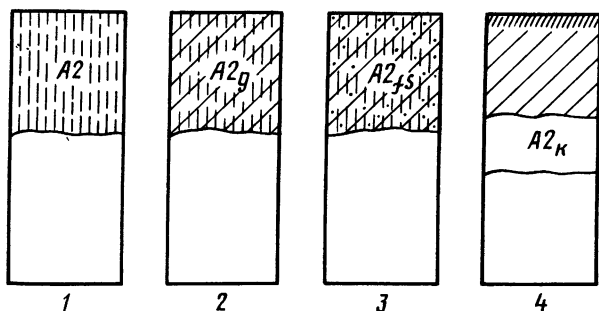


Рис. 2.1. Типы элювиально-глеевых осветленных (подзолистых) горизонтов в верхних слоях почвенного профиля, возникающие в условиях застойно-промывного водного режима:

1 — слабообезжелезненные палевые (светло-палевые) горизонты; 2 — сильнообезжелезненные белесые с участием голубовато-сизых тонов (или без них); 3 — сильнообезжелезненные белесые с высоким содержанием орштейнов; 4 — контактные

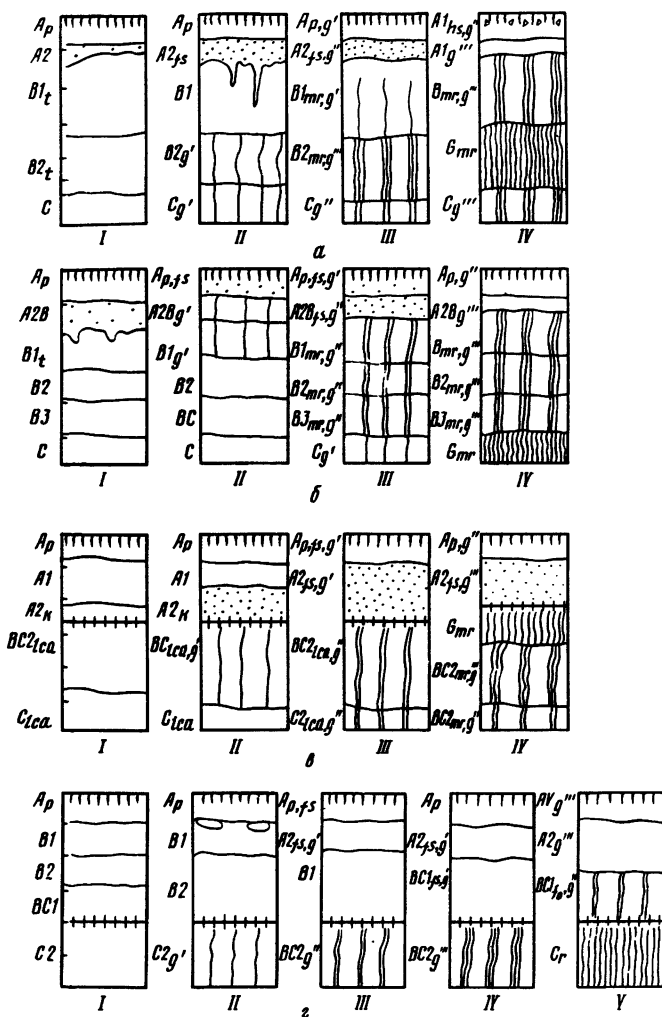
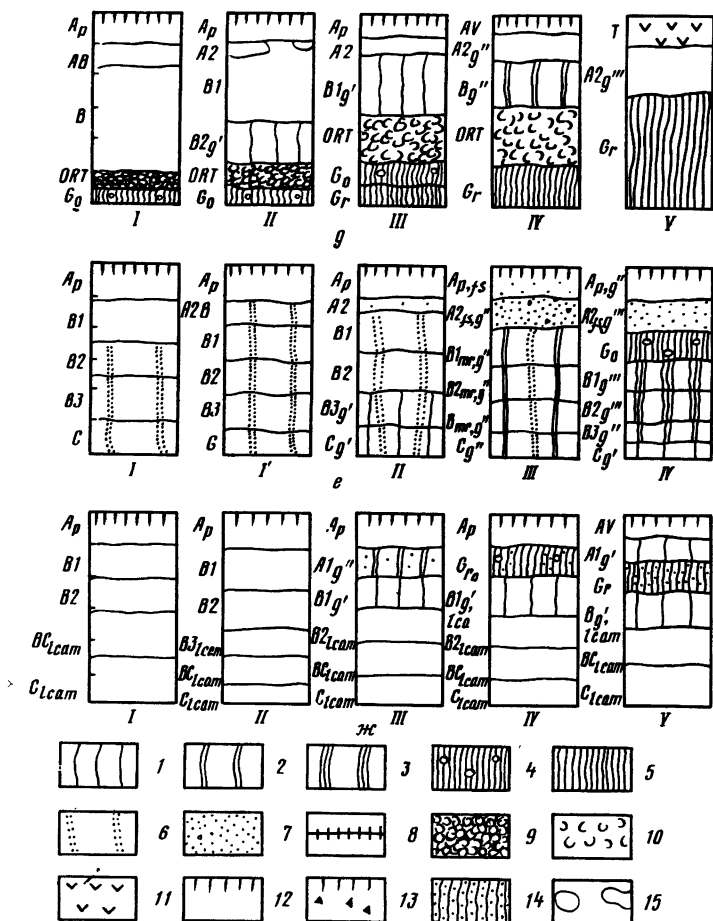


Рис. 3.2. Изменение морфологии основных групп почв гумидных ландшафтов под примере почв:

а — дерново-подзолистых неоглеенных и оглеенных на лессовидных глинах подзолистых неоглеенных и оглеенных на ленточных глинах (Новгородский двучлен (Загорский стационар); *з* — светло-бурых неоглеенных, глубокооглеенно-виогляциальный нанос на суглинистой карбонатной морене, Загорский мелиоратоподзоленных и оглеенных на мощных легких флювиогляциальных отложениях серых неоглеенных, оподзоленных и оглеенных на лессовидных тяжелых сугликах глеевых поверхностно-глееватых, глеевых и перегнойно-глеевых на карбонатном логический стационар). Оглеение иллювиальных горизонтов: 1 — слабое; 2 — неземистая присыпка на гранях структур иллювиальных горизонтов; 7 — скопелортанд плотный; 10 — ортанд рыхлый; 11 — торфяный горизонт; 12 — пахотивном горизонте; 14 — глеевый орштейновый горизонт; 15 — слабая оподзолен-слабоглееватые; III — глееватые; IV — глеевые; V — торфянисто-глеевые



влиянием усиливающегося (в пространстве) избыточного увлажнения на

(Рузский мелиоративный почвенно-гидрологический стационар); б – дерново-стационар); в – дерново-подзолистых неоглеенных и оглеенных на маломощных и дерново-подзолистых оглеенных на среднемощном двучлене (легкий флювиальный почвенно-гидрологический стационар); д – светло-бурых неоглеенных, (Мещерский мелиоративный почвенно-гидрологический стационар); е – светло- (Коломенский стационар); ж – дерново-карбонатных выщелоченных, дерново-элювии пермских отложений (Котельнический мелиоративный почвенно-гидро-среднее; 3 – сильное; 4 – глей окисленный; 5 – глей редуцированный; 6 – крем-ние ортштейнов; 8 – двучлен, линия раздела легких и тяжелых горизонтов; 9 – ный горизонт; 13 – гумусово-алюминиевые конкреции в гумусово-аккумуля-ность; почвы: I – неоглеенные; I' – оподзоленные; II – глубокооглеенные; II' –

Эта концепция, высказанная нами впервые в 1965 г., получила затем экспериментальное обоснование в полевых и модельных исследованиях (Зайдельман, Нарокова, 1978; Зайдельман, Санжаров, 1982, и др.). Отметим в этой связи, что предложенная концепция весьма близка взглядам ранней школы докучаевского почвоведения. В 1900 г. Н. М. Сибирцев в первом учебнике "Почвоведение" следующим образом объяснял возникновение подзолистых почв: "В западинки попадает больше влаги. . . в них держится по временам застойная вода. . . При таких условиях мы вправе ожидать здесь процессов раскислительных и подзолообразовательных. . . Белесый горизонт есть горизонт, лишенный окисного железа".

В последние годы появились интересные публикации, в которых разделяется наше мнение о подзолообразовании как одной из форм глееобразования (Перельман, 1974; Васильевская, Гостеев, 1980; Авад, 1981, и др.).

2. Глееобразование, т. е. обезжелезнение мелкозема и (или) его плазмы, реализуется только в условиях анаэробного сбраживания органического вещества и активного воздействия на минеральный субстрат агрессивных органических кислот, полифенолов, неорганических восстановителей. При этом каждая молекула органической кислоты оказывает всегда одновременное триединое действие — кислотное, редуцирующее и комплексобразующее. Поэтому, очевидно, невозможно разделить кислотное и редуцирующее действие на минеральный субстрат не только на профильном, но и на молекулярном уровне. Именно по этой причине нельзя выделить две независимые группы кислых почв с элювиальными горизонтами, из которых одна формировалась под влиянием только кислотного (например, подзолы, подзолистые почвы), а вторая — элювиально-глеевого (поверхностно-глеевого . . . болотно-подзолистые, псевдо-подзолистые и др.) воздействия.

В этой связи следует подчеркнуть, что все кислые элювиально-иллювиальные почвы с горизонта A2 формируются в конечном итоге под влиянием одного процесса почвообразования — глееобразования. Накопленные сведения позволяют признать, что вне этого процесса на кислых породах под пологом хвойного леса и под покровом моровых лесных подстилок подзолистые почвы не формируются. В последнем случае можно ожидать возникновения кислых почв с недифференцированными профилями [например, кислые таежные бурые почвы на Урале; светло-бурые (по Ремезову) на равнинах европейских полесий; кислые недифференцированные почвы на покровных породах Карпат и др.].

Таким образом, при рассмотрении последствий глееобразования следует всегда иметь в виду возможность возникновения разных форм его проявления в зависимости от типа водного режима, состава пород, продолжительности анаэробных условий и других факторов. Следует признать наличие разных почвенных форм проявления единого процесса глееобразования, а не множества почвообразовательных процессов (псевдоподзоливания, отбелообразования, подбело-

образования, подзолообразования, солодеобразования), в результате которых возникают подзолистые и лессивированные почвы, болотно-подзолистые почвы и отбелы, подбелы, кислые солодподзолы, псевдоподзолы, кислые белесые штауглеи, псевдоглеи и т. д. Все это множество почв, несомненно, моногенетично, что хорошо подтверждает в конечном итоге их близкая, а чаще тождественная морфология, всегда представленная элювиально-иллювиальным типом профиля с обязательным кислым горизонтом A2.

3. Оглеение вызывает растворение карбонатного, гидроокисного неорганического цемента агрегатов, их расслоение и распад. Поэтому в условиях обеспеченного дренажа на кислых породах резко усиливаются лессиваж и текстурно-глинистая дифференциация профиля. Глееобразование на кислых породах в условиях промывного водного режима является важнейшим фактором текстурно-глинистой двучленной дифференциации исходно однородной породы. При застойном режиме оно оказывается причиной утяжеления механического состава, своеобразного оглинивания горизонта.

4. В связи с тем что все подзолистые почвы практически ежегодно испытывают кратковременное или длительное переувлажнение, в них весной и (или) осенью протекает оглеение разной интенсивности. Поэтому в лесной зоне повсеместно (в том числе и в южной тайге) подзолообразование, несомненно, современный почвообразовательный процесс. Он может иметь место как под пологом леса, так и на открытых пространствах сельскохозяйственных угодий. Это обстоятельство необходимо учитывать при разработке систем повышения плодородия почв.

3. МОРФОЛОГИЯ ГИДРОМОРФНЫХ ПОЧВ И ЕЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Морфология почв, несомненно, один из наиболее информативных признаков при оценке почв как объекта мелиорации. Почвенный профиль в естественном и мелиорированном состояниях отражает важнейшие особенности естественного и вторичного гидрологического режима почв. Поэтому особую актуальность приобретают те сведения, которые отражают эту связь. Их анализ интересен не только потому, что анализ почвы отражает изменения собственных признаков гидроморфизма под влиянием прогрессирующего (в пространстве) заболачивания, но и потому, что его морфологические особенности тесно связаны с геохимией ландшафта. Так, в зависимости от химического состава грунтовых вод происходит существенное изменение морфологии почв. Ожелезненные и жесткие воды вызывают в профиле этих почв появление характерных железистых и карбонатных аккумуляций, играющих существенную роль в функционировании дренажных систем. Они создают неодинаковые условия для сельскохозяйственного использования близких или однотипных по генезису и составу почв. Таким образом, полевое "чтение" морфологии минеральных гидроморфных почв позволяет получать важную информацию в полевой обстановке.

Гидроморфные почвы отличаются по своей морфологии от автоморфных появлением отчетливых и контрастных по цветовой гамме генетических горизонтов. Очень часто они окрашены в контрастные и яркие цвета — белесый, сизый и голубой, ржаво-охристый или красный, темно-серый или черный. Обычно в их профиле содержатся разнообразные по форме, химическому и минералогическому составу новообразования — конкреционные и неконкреционные. Они имеют важнейшее значение при диагностической оценке степени и причин заболачивания почв, их генезиса, оценки условий работы дренажных систем, возможности сельскохозяйственного использования территории и решении других задач.

В этом разделе основное внимание уделено минеральным гидроморфным почвам, поскольку в настоящее время в Нечерноземье именно они образуют основные площади земель (70...90 %), сельскохозяйственное использование которых возможно после осушения. При оценке почв как объекта мелиорации, при их агрономическом и географическом или ином картировании необходимо изучить всю сумму признаков, отражающих степень их гидроморфизма. В общем виде морфологическими признаками гидроморфизма мы будем называть такие визуально фиксируемые (макро-, мезо- и микро-) особенности морфологии, которые возникают в почвенном профиле в связи с наличием в нем постоянного или временного анаэробно-застоя влаги. При характеристике конкретного почвенного профиля к таким признакам следует относить: 1) морфохроматические признаки оглеения профиля в целом; 2) цвет и мощность элювиальных (подзолистых) горизонтов; 3) окраску кутан иллювиальных горизонтов; 4) интенсивность проявления кремнеземистой присыпки; 5) конкреционные и неконкреционные новообразования; 6) органическое вещество почвы (наличие грубого гумуса, оторфованности и др.).

Эти шесть важнейших морфологических признаков гидроморфизма подтверждены закономерным изменением при нарастании избыточного увлажнения. Они создают особую цветовую гамму, которая резко отличает минеральные гидроморфные почвы от автоморфных. Рассмотрим особенности проявления этих признаков в различных почвенно-гидрологических условиях, сосредоточив основное внимание на анализе проявления их макро- и мезоформ.

3.1. МОРФОХРОМАТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ОГЛЕЕНИЯ ПРОФИЛЯ; ЦВЕТ И МОЩНОСТЬ ПОДЗОЛИСТЫХ ГОРИЗОНТОВ

Морфохроматические признаки оглеения профиля — одни из наиболее важных полевых диагностических критериев. В почвах на кислых или нейтральных породах в зависимости от причин заболачивания, гранулометрического состава и физических свойств они проявляются не одинаково. В этой связи необходимо сформулировать понятие о неоглеенном горизонте. *Неоглеенным горизонтом* (или его фрагментом), исходя из результатов изложенных выше исследований, следует называть горизонт, цвет которого не изменен в результате

обезжелезнения. Неоглеенный горизонт имеет цвет, близкий к цвету почвообразующей породы или несколько более интенсивный, в результате иллювиирования и аккумуляции железоорганических и органических соединений, тонких фракций мелкозема, внедрившихся в него в процессе лессиважа или по другим причинам. Поэтому неоглеенные горизонты почв обычно окрашены в теплые цвета — светло-коричневый (на покровных лессовидных суглинках), бурый (в поймах на тяжелом аллювии), красноватый (на пермских глинах и суглинках) и т. д.

Оглеенные горизонты всегда характеризуются несбалансированным выносом железа всего мелкозема в целом (без учета новообразований) или только плазмы мелкозема (преимущественно илистой фракции). Они отличаются появлением пятен холодной окраски или имеют равномерный холодный цвет.

При полевой диагностике степени оглеения целесообразно руководствоваться следующими правилами. Морфологически степень оглеения горизонта характеризуется пятью степенями: g' — слабое; g'' — среднее; g''' — сильное оглеение; G_o — глей окисленный и G_r — глей редуцированный.

В суглинистых и глинистых почвах ниже гумусового и элювиального (подзолистого) горизонтов слабое оглеение (g') представлено отдельными пятнами, по площади не превышающими 20 % всего горизонта. Обычно это вертикально вытянутые неширокие пятна оглеения по ходу отдельных трещин. При этом горизонт сохраняет теплую окраску. Обезжелезнение затрагивает главным образом только стенки отдельных призматических структур. При средней степени оглеения (g'') холодные цвета (сизоватые, серые, синие, голубые) занимают 20...50 % площади горизонта; при сильной (g''') — 50...80 %.

В поверхностных горизонтах A_p , A_1 слабое оглеение (g') характеризуется мелкими отчетливыми сизовато-синими пятнами по общему фону гумусового горизонта; среднее оглеение (g'') — сплошным сизоватым фоном по общему темному фону гумусового горизонта; сильное оглеение (g''') — интенсивной темно-сизой окраской гумусового горизонта.

Независимо от гранулометрического состава при наличии крупных охристых пятен (полос) по сплошному холодному фону (до 20 %) горизонт относят к *глей окисленному* (G_o); в суглинках и глинистых почвах охристые пятна и зоны окисления могут приобретать неправильную (мраморовидную) форму. В этом случае выделяют горизонт окисленного *мраморовидного глея* (G_{mr}). Наконец, если оглеенный горизонт несет однородную окраску интенсивного холодного цвета (обычно сизовато-синюю, синюю, голубую, голубовато-белесую и т. д.) в почвах разного генезиса и состава, то выделяют горизонт глея редуцированного (G_r). Чаще всего сплошные горизонты глея окисленного и глея редуцированного формируются в хорошо водопроницаемых почвах легкого (песчаного, супесчаного, легкосуглинистого) гранулометрического состава или в глинистых структурных почвах. В этом случае возникают горизонты *фронтального оглеения*.

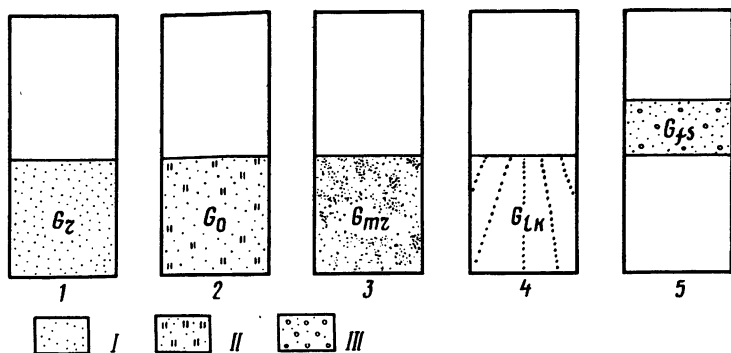


Рис. 3.1. Типы глеевых горизонтов, возникающие при застойном и застойно-промывном водных режимах:

1 — фронтальный редуцированный; 2 — фронтальный окисленный; 3 — мраморовидный; 4 — локальный; 5 — ортштейновый, преимущественно в почвах на карбонатных породах; I — однородная холодная окраска (сизая, голубовато-сизая, голубовато-белая); II — охристые пятна на холодном фоне или тонкие охристые горизонтальные линии; III — ортштейны в глеевом горизонте

Отметим и еще одну форму оглеения — *локальное* (G_{lk}). Последнее формируется в сильнотрещиноватых почвах, когда крупные отдельные трещины с интенсивно оглеенными (глеевыми) стенками пронизывают все основные горизонты профиля, сохраняющие в основном теплую слабоизмененную окраску исходных пород.

Наконец, отметим и еще одну форму глеевых горизонтов, возникающих в почвах на карбонатном элюво-делювии пермских отложений (рис. 3.1). Здесь глеевые горизонты возникают только в верхней части почвенного профиля непосредственно под гумусовым горизонтом и содержат значительные ортштейновые включения (G_{fs}).

Рассмотренные выше результаты моделирования глееобразования на основных почвообразующих породах Нечерноземья позволяют утверждать, что на кислых и нейтральных породах в условиях периодического возникновения анаэробии на фоне естественного дренажа возникают обезжелезненные и обезыленные горизонты, которые по свойствам твердой фазы и по сумме других признаков тождественны подзолистым горизонтам. Вынос ила и несиликатного железа обуславливает в этом случае формирование светлых кислых горизонтов, которые отличаются минимальной степенью насыщенности основаниями, высокими значениями подвижного алюминия, гидролитической кислотности, поглощенного магния и низкими — кальция, т. е. всеми признаками, присущими горизонту A2. Существенно, что эти горизонты в равной мере возникают как на суглинистых и глинистых, так и на песчаных почвообразующих породах в условиях пульсирующего глееобразования. Естественна постановка вопроса о том, в

какой мере это явление, установленное в ходе лабораторного моделирования, характерно для природной обстановки.

Рисунок 3.2 позволяет оценить это явление на примере морфологии почв, образующих типичные ряды с закономерно нарастающей в пространстве степенью гидроморфизма их профиля. Эти ряды формируют покров некоторых изученных нами эколого-гидрологических стационаров, приуроченных к основным почвообразующим породам европейского Нечерноземья. Каждый ряд характеризует все основные разновидности почв, свойственные одному из типичных ландшафтов Нечерноземной зоны. Неоглеенные разновидности всех рядов занимают наиболее высокие и дренированные позиции ландшафта. Глубокооглеенные, выщелоченные и слабogleеватые почвы находятся преимущественно на нижних частях склонов; глееватые и глеевые почвы формируются у основания склонов, в замкнутых депрессиях или бессточных равнинах. Замечательная особенность этих рядов заключается в том, что в пределах внепойменных территорий в почвах с высокой водопроницаемостью и обеспеченным дренажем поверхностных горизонтов на кислых породах и в условиях промывного водного режима под пологом хвойного леса подзолистые горизонты отсутствуют.

Таким образом, при наличии, казалось бы, всех условий, необходимых для возникновения подзолистых горизонтов и подзолистых почв, последние тем не менее не формируются. Их нет в почвах на мощных флювиогляциальных песках, на среднемошных двучленах, в хорошо проницаемых серых лесных почвах на покровных породах и в ряде других случаев. Отсутствие оподзоливания можно объяснить только тем, что в верхних горизонтах этих почв нет условий для застоя влаги, для развития анаэробно-обезжелезнения и осветления верхней части профиля, т. е. для их оподзоливания. Это обстоятельство, в частности, подтверждают и наши прямые определения ОВП и исследования водного режима таких почв. Вместе с тем в хорошо проницаемых почвах при подъеме уровней грунтовых вод к дневной поверхности (преимущественно в глееватых и более гидроморфных) возникают значительные по мощности (до 20... 40 см) самостоятельные горизонты A_2 или $A_{2g} - g$.

В связи с изложенным необходимо подчеркнуть следующее. Ранее было обращено внимание на то, что если в режиме почв нет фазы оглеения, т. е. если не происходит несбалансированный вынос железа и эта "пусковая" фаза отсутствует, то профиль подзолистой почвы (или любой почвы с осветленным кислым элювиальным горизонтом) не формируется вообще. Он не возникает даже в том случае, если в наличии имеется вся сумма других условий для подзолообразования. Это позволило высказать мнение о том, что подзолообразование — это одна из широко распространенных форм глееобразования, когда последнее реализуется на кислых или нейтральных (выщелоченных) породах в условиях застойно-промывного режима. Позднее это положение получило географическое и экспериментальное подтверждение. Было показано, что именно глееобразование "от-

ветственно" за возникновение не только подзолистых и болотно-подзолистых почв, но и вообще всех почв со светлыми и кислыми элювиальными горизонтами, обогащенными кремнеземом, т. е. подбелов, отбелов, кислых солодей, псевдоглеев, псевдоподзолов, тропических и субтропических подзолов, браунерде лессиве, почв типа лессиве и т. п.

3.2. КОНКРЕЦИОННЫЕ И НЕКОНКРЕЦИОННЫЕ НОВООБРАЗОВАНИЯ ГИДРОМОРФНЫХ ПОЧВ

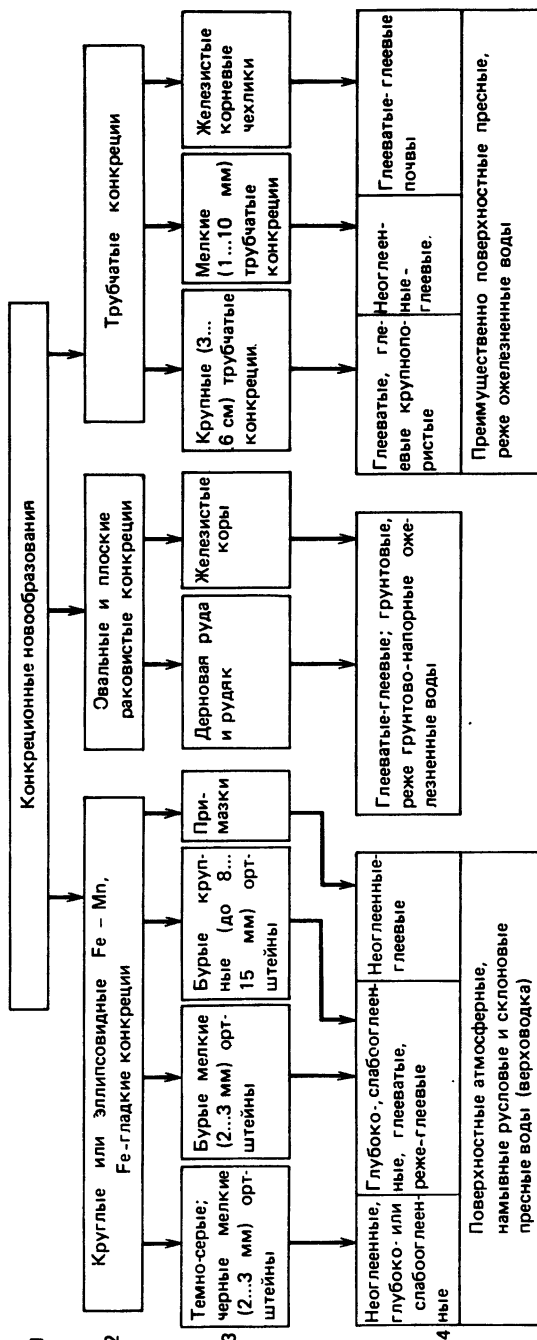
Новообразования привлекают особое внимание при изучении морфологии гидроморфных почв в агрономических и мелиоративных целях по двум причинам. Во-первых, интенсивность их концентрации или степени проявления тесно связаны с продолжительностью анаэробизма, обусловленного застоем влаги. Во-вторых, их химический состав и форма зависят от причин заболачивания и гидрохимических особенностей грунтовых вод и верховодки. Таким образом, их изучение помогает полнее раскрыть эколого-гидрологические особенности почв.

Генезис новообразований различен. В настоящее время нет единой и законченной теории их происхождения. Однако следует согласиться с общими положениями о том, что возникновение этих вторичных морфологических структур обусловлено деятельностью микрофлоры и протекающими в почве физико-химическими процессами (Аристовская, 1965; Македонов, 1962). Не останавливаясь на этих интересных и несколько дискуссионных вопросах, вернемся к тем аспектам проблемы, которые представляют особый интерес для понимания информативной значимости морфологии гидроморфных почв в связи с их агрономической и мелиоративной оценкой.

На протяжении ряда лет были получены данные, отражающие особенности морфологии, химического состава и диагностического значения почвенных новообразований (Зайдельман, 1981). Их общая классификация в связи с диагностикой причин и степени заболачивания почв показана на схеме 1. Она отражает всю сумму накопленных данных по рассматриваемому вопросу и характеризует конкреционные и неконкреционные новообразования гидроморфных почв с естественным, не измененным мелиорацией водным режимом. При рассмотрении этих новообразований, объединенных в 2 типа, выделено 14 родов и 29 отдельных видов.

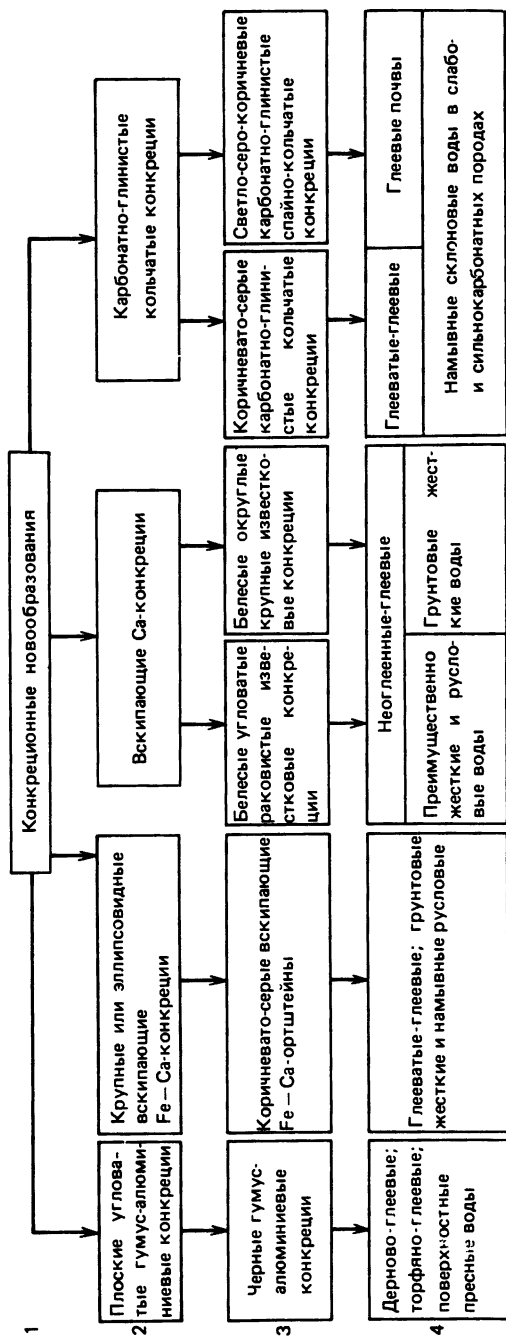
Предпринятые исследования показывают, что вид и состав конкреционных и неконкреционных новообразований почв Нечерноземной зоны, развитых на четвертичных породах, теснейшим образом связаны с современными особенностями их гидрологического режима. Так, увеличение продолжительности обводнения поверхностных горизонтов, тяжелых плохо водопроницаемых горизонтов в ряду дерново-подзолистые неоглеенные — глееватые почвы вызывает резкое увеличение абсолютного содержания конкреционных новообразований — ортштейнов. При этом закономерно меняются их цвет (от темно-серого до ржаво-охристого), химический состав, форма. В легких почвах, заболоченных железистыми водами, их подъем к дневной по-

Классификация новообразований гидроморфных почв и их диагностическое значение

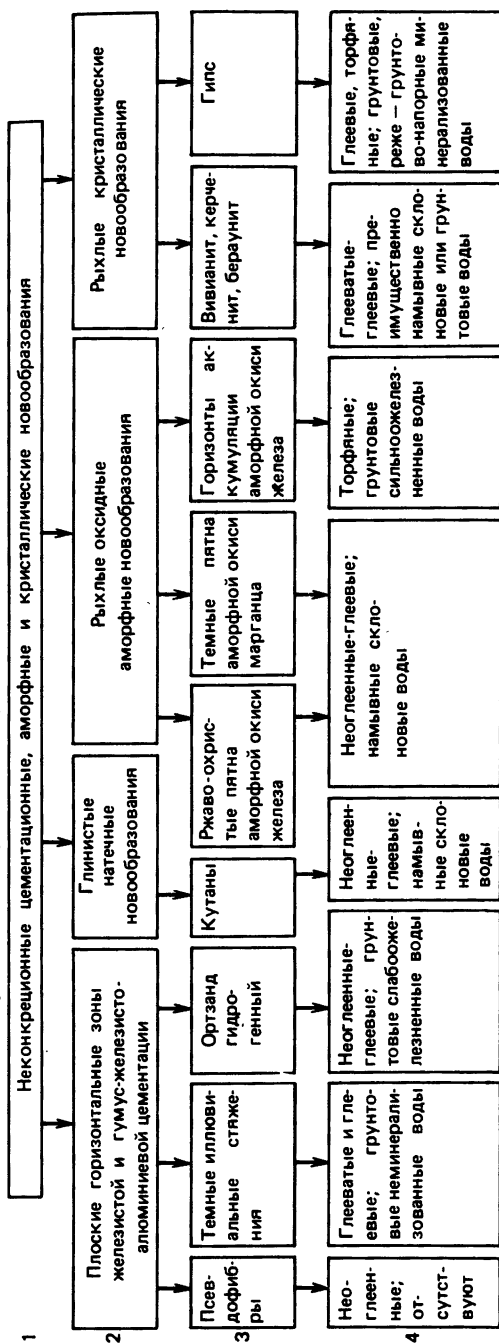


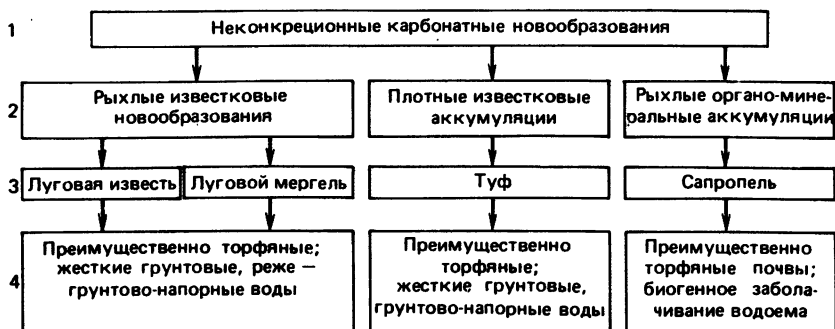
1 – тип; 2 – род; 3 – вид; 4 – степень гидроморфизма и причины заболачивания

Классификация новообразований гидроморфных почв и их диагностическое значение



Классификация новообразований гидроморфных почв и их диагностическое значение





верхности сопровождается возникновением и адекватным приближением к поверхности ортзандовых цементационных новообразований. Причем чем ближе к поверхности залегают грунтовые воды, тем ортзанд менее цементирован железом и тем мощнее. В пойменных почвах лесостепи и широколиственной зоны, заболоченных жесткими грунтовыми водами, появляются белесые крупные карбонатные конкреции с характерной раковистой поверхностью. Они служат индикатором максимально высоких уровней стояния грунтовых вод.

Существуют, однако, новообразования, непосредственно не связанные с развитием анаэробной обстановки. Это относится главным образом к новообразованиям иллювиальной природы, в частности к псевдофибрам. Их появление не связано с застоем влаги. Они характеризуют стабильную аэробную обстановку и поэтому позволяют более полно оценить особенности гидрологического режима. Имеются, кроме того, и новообразования, для которых пока не установлена тесная связь их генезиса с современным водным режимом. К ним, в частности, относятся округлые известковые конкреции лугово-черноземных и черноземно-луговых почв зоны широколиственных лесов и лесостепи. В этом случае необходимы дополнительные исследования. Однако, как правило, связь между видом новообразования и гидрологическим режимом почв прослеживается весьма отчетливо.

В диагностическом отношении особый интерес вызывает вопрос о скорости формирования почвенных новообразований. Немногочисленные данные позволяют признать, что процессы, приводящие к их появлению, протекают достаточно быстро, а срок их формирования весьма непродолжителен. В пользу такого суждения свидетельствуют следующие данные. П. Н. Балабко и Н. М. Шевцов (1980) наблюдали возникновение конкреционных новообразований, аналогичных ортштейнам, вокруг пластмассовых труб при внутрипочвенном орошении сточными водами через 5...6 лет после начала эксплуатации системы. В пойменных дерновых зернистых глееватых почвах долины р. Москвы, где при среднемноголетней интенсивности накопления аллювия 0,3...0,5 см/год крупные трубчатые конкреции и ортштейны находятся на глубине 30...50 см от дневной поверхности. Очевидно, этот слой почвы

мог сформироваться примерно за 100 лет. Следовательно, и возраст конкреций не превышает этого периода.

3.3. РЕЛИКТОВЫЕ ПРИЗНАКИ ГИДРОМОРФИЗМА В ПОЧВАХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

Выше подчеркивалось, что до тех пор, пока в почве сохраняется естественный водный, не измененный гидротехническим строительством или иными причинами, режим, признаки гидроморфизма, как правило, адекватны современному водному режиму. Это общее правило справедливо в отношении почв на четвертичных ледниковых и постледниковых породах. Вместе с тем в Нечерноземье в районах выхода дочетвертичных мезозойских пород в толще рыхлых элювиально-делювиальных отложений можно обнаружить крупные пятна и сплошные слои реликтового оглеения характерной холодной окраски. Их появление связано с миграцией в отдаленном прошлом в толще рыхлых отложений поверхностных и грунтовых вод. Эти зоны реликтового оглеения хорошо просматриваются, например, по правому берегу р. Вятки в районе г. Котельнич, где в мощной толще красочетных карбонатных пермских пород (50...100 м) отчетливо прослеживаются голубоватые и сизо-серые оглеенные прослои. Почвы наследуют эти цвета реликтового оглеения.

Нередко в профиле незаболоченных почв, занимающих наиболее дренированные позиции ландшафта, можно обнаружить пятна холодной окраски, аналогичные современному оглеению. Вместе с тем результаты длительного изучения ОВП и водного режима убедительно показывают, что в таких почвах не происходит падения окислительно-восстановительного потенциала и аккумуляции гравитационной влаги. Эти признаки гидроморфизма не адекватны современному гидрологическому режиму почв. Однако в профиле почв на пермских отложениях при длительном застое избыточной влаги формируются современные оглеенные горизонты, генезис которых тесно связан с актуальным водным режимом. Наличие почв с современным и реликтовым оглеенными горизонтами (фрагментами) создает значительные затруднения при почвенном картировании. Поэтому необходимо выработать объективные критерии, позволяющие надежно диагностировать современное (рецентное) и реликтовое оглеение в почвах на пермских карбонатных суглинках и глинах. Существуют определенные возможности для выработки такой диагностики. Как правило, признаки интенсивного современного оглеения прежде всего возникают в поверхностных, относительно выщелоченных горизонтах, тогда как реликтовое оглеение удастся проследить в более глубоких горизонтах профиля. Современное оглеение проявляется главным образом в сильно переувлажненных (глееватых и особенно в глеевых, перегнойно-глеевых) почвах.

Реликтовое оглеение можно обнаружить во всех почвах, особенно в автоморфных дерново-карбонатных. Установлены и иные признаки диагностики реликтового и современного оглеения. Выполненные

исследования позволили предложить следующую систему диагностических параметров, позволяющих в полевых и лабораторных условиях дифференцировать современные и реликтовые оглеенные слои или отдельные фрагменты профиля в почвах на пермском красноцветном карбонатном элюво-делювии (табл. 2).

2. Морфологические признаки современного и реликтового оглеения в почвах на пермском красноцветном карбонатном элюво-делювии

Признаки	Современное оглеение	Реликтовое оглеение
Почвы	Дерново-глеевые	Дерново-карбонатные и дерново-глеевые
Глубина и характер залегания	Сплошная полоса или мелкие пятна непосредственно под гумусовым горизонтом на глубине 0,2...0,6 м	Горизонтальные или наклонные полосы, мелкие округлые или крупные бесформенные пятна глубже 0,5 м
Вскипание от соляной кислоты	Не вскипает	Вскипает или не вскипает
Цвет	Охристо-палевый или грязно-сизый (G_{fs})	В бескарбонатных участках голубоватый, в карбонатных – бледно-серый
Примазки Мп и орштейны	Есть	Нет
Структура	Отчетливо не выражена	Повторяет структуру вмещающего слоя

3.4. ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ГИДРОМОРФИЗМА ВО ВРЕМЕНИ И ПОД ВЛИЯНИЕМ ДРЕНАЖА

При оценке степени заболоченности почв, а также при подготовке почвенно-мелиоративного обоснования проектов реконструкции осушительных систем и решении других вопросов особое значение приобретают сведения о динамичности признаков гидроморфизма. В первом случае нас интересует диапазон изменчивости признаков гидроморфизма в разные по влажности годы и в разные погодные периоды одного и того же года. Во втором – особенности вторичной морфологии осушенных почв.

Следует отметить методическую сложность и ограниченность подобных исследований, предполагающих длительное изучение морфологии почв в одних и тех же почвах. Вместе с тем такие наблюдения необходимы для объективной оценки стабильности морфологических признаков. Поэтому нами на примере ряда широко распространенных в Нечерноземье почв была изучена изменчивость морфологических признаков гидроморфизма во времени. Объектом изучения послужили почвы некоторых мелиоративных почвенно-гидрологических стационаров (Зайдельман, 1985).

3.4.1. Изменения морфологии минеральных гидроморфных почв с естественным режимом во времени

Наблюдения за изменчивостью признаков гидроморфизма были выполнены нами для основных групп почв южной тайги европейской части Нечерноземной зоны РСФСР на территории Рузского, Волоколамского, Мещерского и Раменского стационаров. Здесь распространены дерново-подзолистые почвы на тяжелосуглинистых и глинистых, легко- и среднесуглинистых покровных кислых лессовидных породах, на супесчано-песчаных флювиогляциальных отложениях и на глинистом структурном аллювии. В экстремальных условиях увлажнения можно обнаружить определенную изменчивость некоторых признаков гидроморфизма. Эти изменения различны в почвах разного генезиса и степени заболоченности. Они проявляются прежде всего в изменении цветовых признаков оглеения поверхностных горизонтов почвенного профиля. Ниже приведены данные об изменчивости признаков оглеения ряда групп почв на пахотных угодьях, которые необходимо учитывать при крупномасштабном картировании почв.

Тяжелосуглинистые и глинистые почвы подзолистого и болотно-подзолистого типов на тяжелых лессовидных покровных породах. Дерново-подзолистые *глубокооглеенные* и дерново-подзолистые *глеевые* почвы обладают весьма стабильными и слабо меняющимися признаками гидроморфизма в годы и периоды разной влажности. В *глубокооглеенных* почвах во влажные периоды возможно появление пятен оглеения на глубине 0,9...0,8 м от дневной поверхности. Следует учитывать при этом, что участки собственно подзолистого затека с мелкими сизыми пятнами на воздухе приобретают серую окраску, тогда как слои почвы с устойчивым оглеением в условиях *застойного* режима после окисления окрашиваются в тона с охристо-ржаво-зеленоватым оттенком*. В целом изменения морфологических признаков гидроморфизма в сухие периоды и годы в *глубокооглеенных* почвах несущественны.

В сухие годы и периоды в *глеевых* почвах заметно ослабевает интенсивность окраски поверхностных оглеенных горизонтов, причем наб-

* Нередко, особенно в сырые периоды, возникают затруднения в диагностике светлых оподзоленных участков профиля и его оглеенных фрагментов или горизонтов, находящихся в условиях застойного водного режима. Различия этих слоев определяются тем, что в первом случае горизонт находится в условиях периодически промывного режима и подвержен интенсивному обезжелезнению и лессивированию, а во втором — только слабому обезжелезнению. Разделить эти фрагменты профиля с близкой в сыром состоянии окраской на уровне горизонтов A_{2g}''' или G_0 можно на основе несложных визуальных исследований. Три небольших образца почвы — два из исследуемых горизонтов и один из горизонта неоглеенной породы — помещают в фарфоровые тигли и прокаливают в муфельной печи 4 ч при температуре 600 °С. После этого сопоставляют цвета прокаленных образцов. Прокал *глеевого* горизонта и породы приобретает ярко-розовый или красный цвет. Оподзоленный лессивированный образец заметно отличается бледно-розовой, серой или белесой окраской.

людается ослабление или исчезновение сизого оттенка в горизонте $A1$. Во влажные периоды поверхностные горизонты глеевых почв имеют интенсивный сизый оттенок.

Наиболее отчетливые изменения признаков гидроморфизма наблюдаются в *глееватых* почвах в сухие годы. Происходит резкое ослабление или исчезновение сизоватого оттенка и пятен слабого оглеения в горизонте A_p . В этом слое появляются точечные охристые пятна на изломе глыб и четко проявляются ожелезненные корневые чехлики. Сизоватый оттенок сохраняется только на контакте горизонтов A_p, g'' ; $A2_{fs, g''}$ и $A2B_{g' - g''}$. Ослабевает, но сохраняется сизоватая окраска горизонта $B1$.

Во влажные и средние годы признаки гидроморфизма весьма близки. Однако глееватые почвы обладают рядом специфических признаков, позволяющих надежно диагностировать их в экстремальных условиях увлажнения. Так, в сухие периоды и годы в этих почвах сохраняются сизоватая окраска на контакте подзолистого и иллювиального горизонтов, интенсивное оглеение второго иллювиального горизонта, крупные ржаво-охристые орштейны в аккумулятивном и особенно в элювиальном горизонтах, их скопление в виде отдельных гнезд и др.

Легко- и среднесуглинистые почвы подзолистого и болотно-подзолистого типов на суглинистых лессовидных породах. Дерново-подзолистые *глубокооглеенные* и *глеевые* почвы обладают весьма стабильными признаками гидроморфизма при резкой смене режима влажности. Наиболее отчетливые изменения морфологии происходят в *глееватых* почвах.

В сухие годы (или в продолжительные периоды засухи) в поверхностных горизонтах ($A2_{fs, g'}$; $A2B_{fs, g'}$ и $B1_{g''}$) исчезают цветовые признаки оглеения и профиль приобретает белесовато-охристую окраску в тех местах, где в предшествующий влажный период наблюдались сизовато-серые тона. Эти изменения не распространяются, однако на более глубокие иллювиальные слои.

В особо засушливые периоды ослабевает интенсивность окраски оглеенного горизонта $B2_{mr, g'}$, но положение его верхней границы существенно не меняется.

В *глеевых* почвах в засушливый период несколько увеличивается концентрация ржаво-охристых пятен гидроокиси железа в поверхностных слоях профиля. Однако границы оглеенных горизонтов весьма стабильны.

Во влажные годы признаки гидроморфизма этих почв существенно не меняются по сравнению с нормальными условиями.

Светло-бурые, дерново-подзолистые и болотно-подзолистые почвы на мощных супесчано-песчаных флювиогляциальных песках и ожелезненных грунтовых водах. В сухие и влажные годы (периоды) признаки гидроморфизма в *глубокооглеенных* почвах остаются теми же, что в средние. В отличие от них морфология глееватых и глеевых почв в сухие периоды претерпевает существенные изменения — признаки оглеения резко ослабевают или исчезают в слоях над ортзандовыми

горизонтами. Они принимают относительно осветленные светло-коричневые, палевые оттенки, а подзолистые горизонты — мучнисто-белую окраску.

Вместе с тем мощность элювиального и ортзандового горизонтов, их приуроченность к определенным глубинам, положение глеевого горизонта под ортзандовым, характер новообразований и другие признаки определяют стабильность диагностики. В этой группе почвы отличаются высокой стабильностью и не подвержены визуально фиксируемым изменениям в годы разной влажности и в различные периоды одного и того же года.

Тяжелые темно-бурые дерновые зернистые пойменные почвы на мощном тяжелосуглинистом и глинистом аллювии. Морфологические признаки гидроморфизма в *глубокооглеенных* дерновых зернистых почвах в средние и влажные годы весьма близки. В сухие годы наблюдается ослабление сизоватой окраски оглеенных горизонтов, однако их границы дифференцируются так же четко, как и в годы (периоды) средней влажности.

В *глееватых* почвах в сухие годы в горизонте Al_g' исчезают едва заметные признаки оглеения и появляются обильные мелкие охристые пятна, ослабевает интенсивность сизоватой окраски в слое 20...60 см и увеличивается количество охристых пятен. Усиливается яркая охристая окраска слоя 60...90 см.

Во влажные годы граница первого интенсивно оглеенного горизонта поднимается до 55...60 см от дневной поверхности.

Признаки гидроморфизма во влажные и средние годы в *глеевых* почвах существенно не различаются. В сухие годы в слое до 60 см возможно появление охристых пятен и ржаво-бурой окраски горизонта Al .

Таким образом, изложенное позволяет признать, что в условиях естественного водного режима в зависимости от влажности периода или года наблюдается заметное изменение цветовой гаммы признаков гидроморфизма. Это явление наиболее отчетливо удастся фиксировать в минеральных почвах среднего уровня гидроморфизма (преимущественно в *глееватых* почвах). В менее и более гидроморфных почвах (например, в *глубокооглеенных* или *глееватых*) такие изменения в разные периоды по увлажнению и в годы разной влажности проявляются менее четко. Все эти естественные изменения цветовой гаммы профиля гидроморфных почв необходимо учитывать при их описании и диагностике степени заболоченности. Вместе с тем следует подчеркнуть, что независимо от погодных условий и времени исследования профиль почв всегда сохраняет сумму стабильных признаков, позволяющих надежно диагностировать степень их гидроморфизма и заболоченности.

3.4.2. Изменения морфологии минеральных и торфяных гидроморфных почв в результате дренажа

До середины 70-х годов основным объектом осушения в Нечерноземной зоне были почвы с естественным водным режимом и адекватной этому режиму морфологией профиля. Эта ситуация сохраняется

и сейчас на обширных пространствах рассматриваемого региона. Однако в мелиоративной практике постепенно все большее значение приобретают объекты реконструкции с измененным водным режимом почв. Поэтому становится актуальным вопрос о диагностическом значении морфологических признаков гидроморфизма, их изменчивости в результате резкого изменения водного режима почв. Сведения такого рода и в этом случае остаются весьма ограниченными. Они позволяют воспроизвести лишь самую общую картину происходящих изменений на примере некоторых почв.

Наблюдения выполняли на 4...5-й год последствий осушительной системы следующим образом.

На первом этапе изучали морфологию почв в условиях естественного режима. Затем (на втором этапе) на этих же почвах после их осушения закрытым дренажем через 4...5 лет в годы, близкие по обеспеченности осадками, такие морфогенетические наблюдения были продолжены в тех же пунктах исследования. Наиболее полно было изучено изменение морфологии дерново-подзолистых глееватых и глеевых почв Волоколамского мелиоративного почвенно-гидрологического стационара, расположенного на западе Московской области.

3. Важнейшие морфологические особенности дерново-подзолистых неоглеенных и в результате осушения дренажем. Дренажные линии через 20 м. Последствие

Почва	Глубина появления цветowych признаков оглеения		Окраска горизонта В, поверхности структурных отдельностей и цвет кутан иллювиальных горизонтов	
	в естественном состоянии	после дренажа	в естественном состоянии	после дренажа
Дерново-подзолистая глееватая	Оглеение в виде сизых пятен с 60 см	Оглеение в виде сизоватой побелости по трещинам со 100 см	Цвет горизонта В мраморовидный с преобладанием серых тонов. Цвет кутан пятнистый, преимущественно грязно-серый	Цвет горизонта В мраморовидный с преобладанием охристых тонов. Пленки кутан охристого оттенка
Дерново-подзолистая глеевая	Сплошное оглеение в виде сизовато-серого цвета с 40 см и глубже	Оглеение в виде сизо-серых полос по трещинам с 80 см и глубже	Цвет горизонта В коричневатожелтый с тонкими сизыми затеками. Цвет кутан сизо-серый	Цвет горизонта В ржаво-охристый. Цвет кутан грязно-бурый. Глубже 80 см цвет кутан сизо-серый

Стационар приурочен к легко- и среднесуглинистым покровным лессовидным отложениям. Почвы заболочены поверхностными водами и осушены закрытым керамическим дренажем, заложенным на глубине 1,0...1,2 м с междренными расстояниями 20 м.

Полученные данные показывают, что под влиянием дренажа в таких легко- и среднесуглинистых почвах быстро изменяются исходные признаки гидроморфизма. Через 4...5 лет последствия их морфология испытывает существенные изменения. Так, в горизонте $B1_{mr,g}$ глееватых почв полностью исчезают сизые пятна оглеения. В горизонте $B2_{mr,g}$ оглеение проявляется лишь в виде небольших сизых пятнышек по трещинам с глубины 100 см. В дерново-подзолистых глеевых почвах четкие морфологические признаки оглеения сохраняются в виде характерных сизых пятен на глубине 80...85 см. В переходном горизонте $A2B_g$ сизые вертикальные полосы замещаются ярко-охристыми пленками окиси железа. После 4...5 лет работы дренажа заметных изменений морфологии окисленного глеевого горизонта и его границ не произошло. В целом более отчетливой оказывается нижняя граница подзолистого горизонта и резче проявляются общие признаки оподзоленности почвенного профиля.

оглеенных легкосуглинистых почв Волоколамского стационара и их изменения осушения 4...5 лет (Ф. Р. Зайдельман, М. Г. Лыков)

Fe – Mn-новообразования

горизонтов $A1$ и $A2$		горизонтов B и C	
в естественном состоянии	после дренажа	в естественном состоянии	после дренажа

Много крупных (5...7 мм) бурых ортштейнов, часто гнездами. В горизонте $A1$ точечные охристые пятна. В горизонте $A2$ мелкие и крупные темноокрашенные примазки (5...7 мм)	Ортштейны без изменений	Марганцовистые примазки больше 7...10 мм. В горизонте $B2_{mr,g}$ и обилие охристых пятен	Размеры марганцовистых примазок выше дрен несомненно уменьшились. Глубже залегания дрен морфогенетические изменения не обнаружены
В горизонте $A1$ бурые и охристые скопления аморфной гидроокиси железа. По нижней границе горизонта $A2$ сосредоточены темные крупные (1...2 см) неправильной формы твердые железистые ортштейны	В горизонте $A1$ новообразований нет. Новообразования в горизонте $A2$ сохраняются без видимых изменений	Много крупных (10...20 мм) трубчатых конкреций. По трещинам скопления ржаво-охристой аморфной гидроокиси железа и редкие темноокрашенные крупные (10...12 мм) марганцовисто-железистые пятна	Выше 80 см резко усилилась охристая окраска, обусловленная появлением аморфной гидроокиси железа. Глубже 80 см изменения отсутствуют

Эти наблюдения позволяют признать, что в дерново-подзолистых глееватых и глеевых почвах суглинистого состава с исходным поверхностным заболачиванием происходит относительно быстрое и существенное изменение признаков гидроморфизма в верхней метровой толще. В обобщенном виде такие данные систематизированы в таблице 3. По нашим наблюдениям, в поймодере Костромской низменности на территории волжской поймы при осушении дерновых зернистых глееватых и глеевых почв, заболоченных поверхностными водами, через такой же срок (т. е. через 4...5 лет) почвенный профиль в верхней метровой толще утрачивает характерные признаки оглеения и приобретает (особенно в исходно сильно заболоченных породах) яркую ржаво-охристую окраску. Вместе с тем в пойменных почвах грунтового заболачивания после дренажа существенных изменений морфологических признаков гидроморфизма обнаружить не удалось.

Все эти данные, полученные на ограниченном полевом материале, показывают, что на территориях, где в результате мелиорации изменяется водный режим, морфологические признаки заболачивания также претерпевают глубокие изменения. Они приобретают морфологические особенности, свойственные новому водному режиму, сформированному в условиях работы дренажной системы.

Следует подчеркнуть, что в каждом отдельном случае необходимо установить диагностическое значение вновь сформировавшихся и сохранившихся признаков гидроморфизма.

Вместе с тем при заболачивании почв грунтовыми водами наблюдается относительно высокая стабильность исходных признаков гидроморфизма в нижних горизонтах профиля. Это обстоятельство, в частности, позволило Ван Валенбургу (1971) на основе голландского опыта признать возможным использовать морфологические признаки гидроморфизма (цвет и положение глеевых горизонтов, наличие ржавых и бурых пятен и др.) для получения информации об амплитуде колебания уровня грунтовых вод в дренированных почвах.

Вторичные изменения морфологии почв после осушения происходят и в органических почвах. Они проявляются прежде всего в изменении цвета торфяных горизонтов. Последний в естественном состоянии характеризуется преимущественно коричневатой, буроватой или желтовато-зеленоватой (очес) окраской. После осушения немедленно начинается активный процесс окисления всей толщи торфяных почв от дневной поверхности до уровня наиболее глубокого вторичного понижения грунтовых вод. Этот процесс сопровождается быстрым изменением цвета. Н. С. Докучаев (1975), исследовавший ОВП и pH осушаемых почв Калининградских поймодер в дельте р. Неман, показал, что вся толща торфяных горизонтов выше вторичного уровня грунтовых вод приобретает темную (темно-серую или черную) окраску. Ниже их вторичного уровня торфяная залежь сохраняет первичный коричневатый, буроватый и иной цвет теплого тона. Поэтому при изысканиях на объектах реконструкции особое гидрологическое значение приобретает объективная оценка окраски верхних торфяных горизонтов.

Органогенные почвы, однако, не только изменяют свою окраску после осушения (в слое мощностью 1 м), но и резко отличаются вторичной структурой. Это особенно отчетливо проявляется в строении пахотного слоя. В условиях осторожного регулирования водного режима на фоне рациональных севооборотов и залужения поверхностные пахотные горизонты приобретают характерную комковатую или комковато-зернистую структуру. Этот процесс получил название *оземления*. При резком понижении уровня грунтовых вод, вовлечении торфяных почв в полевые (особенно пропашные) севообороты поверхностные органогенные горизонты подвергаются распылению, неблагоприятному воздействию инсоляции и интенсивной ветровой эрозии. Таким образом, характер поверхностного горизонта осушенных торфяных почв, в первую очередь его структурное состояние позволяют при изысканиях диагностировать уровень их окультуренности и направленность эволюции в антропогенных условиях.

Г. Окрушко (1975) назвал изменение торфяных почв после осушения *муршением*. Признак муршения — размельчение массы торфа на агрегаты с образованием зерен. Чем интенсивнее процесс гумификации в осушенных почвах, тем сильнее проявляется тенденция к образованию компактных зерен. В связи с этим автор предложил отражать муршение не по степени разложения торфа, а по степени преобразования массы торфа с учетом ее вторичной гумификации и агрегации. В максимальной мере муршению подвержен поверхностный обрабатываемый корнеобитаемый слой; нижележащая толща ($\sim 30\ldots 80$ см) играет важную влагообеспечивающую роль. Наконец, наиболее глубокий слой осушенной торфяной почвы определяет скорость подтока к почве гравитационной влаги. Из этого следует, что осушенные торфяные почвы должны характеризоваться по трем основным горизонтам (0...30; 30...80; 80...130 см). Г. Окрушко считает целесообразным использовать обобщенные характеристики собственно торфяных горизонтов и мурша. С этой целью он выделяет три исходных вида торфа, дифференцируя их по степени разложения (табл. 4).

4. Деление осушенных торфов на виды по степени разложения и структуре (Г. Окрушко, 1975)

Вид торфа	Степень разложения	Символ	Степень разложения по грациям фон Поста*, %	Структура торфяной массы
Волокнистый	Слабая	K_1	$H_1\ldots H_3 < 30$	Губчатая или волокнистая
Мозаиковидный	Средняя	K_2	$H_4\ldots H_6 30\ldots 60$	Аморфно-губчатая, аморфно-волокнистая
Аморфный	Сильная	K_3	$H_7\ldots H_{10} > 60$	Комковато-аморфная, аморфная

* Классификацию торфов по степени разложения по фон Посту (Зайдельман, 1981).

Муршевые горизонты Г. Окрушко также дифференцирует на три вида по ряду критериев (табл. 5).

5. Деление муршей на виды в соответствии со степенью вторичного преобразования торфяной массы и ее оструктуренности (Г. Окрушко, 1975)

Вид мурша	Степень преобразования	Символ	Структура муршевой массы
Торфянистый	Слабая	1	Рыхлая в виде размельченного торфяного волокна с тенденцией к образованию комков
Переговойный	Средняя	2	Комковатая или скрытокомковатая
Пойменный (зернистый)	Сильная	3	Зернистая или слабозернистая

В диагностическом отношении существенно то, что чем отчетливее выражен мурш, тем выше объем макро- и микропор и меньше объем мезопор, т. е. тем значительнее эффект уплотнения и контрастнее водный режим поверхностных горизонтов, тем существеннее угроза их уплотнения и переосушки в период сева и прорастания растений.

Рассмотренные немногочисленные сведения создают известную основу для оценки влияния осушения на почвенный покров избыточно увлажненных территорий. Особую актуальность в этой проблеме в настоящее время приобрел вопрос о диагностике степени осушенности почв объекта реконструкции и необходимости оптимизации их гидрологического режима при проектировании гидротехнических и агро-мелиоративных новых или дополнительных мероприятий.

3.5. ДИАГНОСТИКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ОСУШЕННЫХ ПОЧВ НА ОБЪЕКТАХ РЕКОНСТРУКЦИИ

Попытаемся систематизировать известные данные о том, как установить на ранее мелиорированном массиве контуры почв с недостаточным дренажем, применительно к которым целесообразно использовать осушение. Вопрос этот, несомненно, в дальнейшем будет приобретать все большую актуальность в связи с быстрым ростом абсолютной площади осушенных почв и постепенным относительным увеличением территорий, на которых продолжительность действия дренажных систем будет превышать принятые сроки эксплуатации.

При решении этого вопроса в общем виде, так же как и при изучении почв с естественным режимом, целесообразно использовать принцип эколого-гидрологического анализа почвенного покрова объекта мелиорации. Его сущность заключается в одновременном анализе трех важнейших факторов, определяющих особенности почв как объекта мелиорации, сельскохозяйственного использования и их диагностики: 1) водного режима; 2) продуктивности культур; 3) морфологии и других признаков, диагностирующих степень их заболоченности. (Подробнее об эколого-гидрологическом подходе к оценке почв как объекта мелиорации см. на с. 117.)

Ранее на основе этих принципов автором была предложена классификация минеральных почв европейской территории Нечерноземной зоны, отражающая возможность их использования в естественном состоянии и целесообразность осушения при размещении различных сельскохозяйственных культур. Поэтому если на территории с измененным водным режимом тем не менее через 10 лет после начала эксплуатации дренажа сохраняются почвы, морфологические особенности которых соответствуют признакам почв той или иной степени заболоченности в естественном состоянии, то о целесообразности их осушения судят в соответствии с рекомендациями по осушению почв с естественным водным режимом. Причем следует использовать исходные почвенно-мелиоративные карты, составленные ранее для обоснования первичного проекта мелиорации. Это позволяет получить дополнительное объективное подтверждение того, что на исследуемом участке в результате мелиорации не произошло принципиального изменения морфологии и гидрологического режима почв. Такие условия характерны, во-первых, для массивов с сильнозаболоченными почвами с неверно запроектированными мелиоративными мероприятиями. Во-вторых, это возможно, если система (секция), приуроченная к любым по степени заболоченности почвам, оказалась неверно построенной и в процессе эксплуатации быстро вышла из строя, например, из-за суффозии почвогрунтовой толщи в дренажной траншее, закупорки дренажа, катастрофической эрозии каналов и их заполнения твердым стоком и иных причин. Об их избыточном увлажнении и целесообразности оптимизации осушения можно судить прежде всего по вторичному гидрологическому режиму, свойствам почв как среды обитания и по продуктивности сельскохозяйственных культур.

Очевидно, однако, что возможность постановки длительных гидрологических исследований для обоснования проектов реконструкции остается весьма ограниченной. Получение таких данных связано не только с многолетними исследованиями водного режима множества почв, но и с постановкой многофакторных опытов, отражающих эффективность осушения при использовании систем с разными параметрами дренажа (глубин заложения дрен, междренних расстояний) и с применением разных агро-мелиоративных мероприятий. Поэтому при решении вопроса о необходимости осушения почв на объектах реконструкции в практических целях используют следующие почвенно-мелиоративные, геоботанические и фитоценологические характеристики.

1. Цвет поверхности и рельеф. Контурные недостаточного осушения и возможного вымокания растений, в пределах которых целесообразна интенсификация дренажа, обычно приурочены к отрицательным формам поверхности (плоским тальвегам, замкнутым водотокам, предканальным повышениям недостаточно выравненных кавальеров и др.). Как правило, весной или осенью после обработки контуры таких переувлажненных участков отличаются темно-серой окраской (на фоне более светлого тона менее заболоченных почв).

2. Геоботанические и агрофитоценологические признаки переувлажненных почв проявляются в следующем. Переувлажненные участки на пашнях отличаются интенсивным развитием влаголюбивой сорной растительности. На таких почвах, приуроченных к покровным и моренным суглинкам и глинам и другим породам, широкое распространение получают лисохвост коленчатый, гречишник влагищный, мокричник. К сырым пашням на тяжелых лимногляциальных породах приурочены камыш и другие влаголюбивые доминанты.

Особое значение для оценки необходимости интенсификации осушения на объектах реконструкции играет картирование биопродуктивности агроценозов. Ареалы вымочки и распространения угнетенных сельскохозяйственных растений позволяют наиболее четко определить те площади, которые в максимальной степени страдают от переувлажнения. Наиболее достоверный индикатор на избыточное увлажнение осушенных почв из зерновых культур — озимая пшеница; из яровых зерновых — яровая пшеница. Хорошим индикатором на переувлажнение почв из пропашных культур оказались кукуруза (на силос) и картофель. Среди сеяных трав наиболее чувствительны к переувлажнению клевер розовый и красный. Их выпадение на 2...3-й год жизни при возделывании бобово-злаковых травосмесей (например, клевер розовый + тимофеевка) свидетельствует о неблагоприятном влиянии избыточного увлажнения на посевы.

3. Площадь распространения вымочек позволяет судить о мелиоративном состоянии осушенных земель и эффективности действия системы. По предложению ряда авторов (Перцович, Веденин, 1986) в этом случае рекомендованы следующие градации (табл. 6) для оценки состояния осушенных территорий.

6. Оценка состояния осушенных территорий по площади вымочек в годы разной влажности, %*

Водность вегетационного периода	Состояние осушенных территорий			
	хорошее	удовлетворительное	неудовлетворительное	крайне неудовлетворительное
Маловодный	0	0	1...5	> 5
	0	< 5	5...10	> 10
Средний	0	0...1	2...10	> 10
	< 5	5...10	11...20	> 20
Многоводный	0...1	2...5	6...20	> 20
	< 10	10...20	21...50	> 50

* В числителе — относительная площадь вымочек с полной гибелью, в знаменателе — с угнетенным состоянием сельскохозяйственных растений от переувлажнения почв.

4. Косвенные признаки неудовлетворительного состояния водного режима почв играют важную роль при оценке целесообразности реконструкции дренажа. К ним относятся следы необранного урожая, не подготовленные участки поля для обработки и сева с прошлого года, а также наличие глубоких колея колесной сельскохозяйственной техники. В последнем случае по колеям формируются два внешних выпуклых валика, указывающих на интенсивное переувлажнение почв в период уборки.

5. Элементы гидрологической и гидрофизической характеристики переувлажненных территорий достаточно разнообразны, и их следует применять в зависимости от свойств почвенного покрова и причин заболачивания. Наиболее важные из них следующие.

А. Сроки обработки. Важный критерий переувлажнения почв — срок запаздывания полевых работ на исследуемом контуре по сравнению с их началом в ареале автоморфных почв. При этом, если запаздывание не превышает 5 сут, состояние осушенных земель оценивают как хорошее; при сроках 5...10, 11...20 и более 20 сут — соответственно как удовлетворительное, неудовлетворительное и крайне неудовлетворительное. По данным П. Меннинга (1984), запаздывание на 10 сут и более в ГДР рассматривают как указание на необходимость дополнительного осушения.

Б. Возможность возникновения верховодки в профиле осушенных почв. Ареалы распространения условий, при которых она реальна, определяются близким залеганием водоупора с $K_{\phi} \leq 0,05$ м/сут и уклонами поверхности $< 0,002$. Такие условия встречаются главным образом на маломощном двучлене с близким залеганием водоупора и на тяжелых по всему профилю суглинистых и глинистых почвах. По этому признаку состояние осушенных почв в мае — сентябре определяется рядом критериев (табл. 7).

7. Оценка состояния осушенных почв по продолжительности стояния верховодки на поверхности и в пахотном горизонте, сут * (А. Ю. Перцович, О. Л. Веденин, 1986)

Сельскохозяйственное использование	Состояние осушенных почв			
	хорошее	удовлетворительное	неудовлетворительное	крайне неудовлетворительное
	$< 0,5$	$0,5...1,0$	$2...3$	> 3
Овощной и овощекормовой севообороты	< 1	$1...2$	$3...5$	> 5
Полевой и кормовой севообороты, пастбища	< 1	$1...2$	$3...5$	> 5
	< 2	$2...3$	$4...7$	> 7
Сенокосы	< 1	$1...2$	$3...5$	> 5
	< 3	$3...5$	$6...10$	> 10

* В числителе — срок отвода воды с поверхности; в знаменателе — из пахотного горизонта.

В. Диагностика особенностей гидрологии осушенных почв по признакам гидроморфизма. Выше было показано, что осушение оказывает существенное влияние на морфологию дренируемых почв. Однако вторичное морфологическое строение их профиля, окраска горизонтов, новообразования, несомненно, остаются важным критерием диагностики почв в мелиоративных целях. Это положение, по-видимому, справедливо в первую очередь для минеральных почв грунтового заболачивания. Здесь наиболее отчетливо проявляется взаимосвязь между морфологическими признаками гидроморфизма осушенных почв и вторичным гидрологическим режимом. Так, современная зона почвенного профиля, стабильно находящаяся ниже уровня грунтовых вод, сохраняет типичную окраску горизонта G_r или G_o (глей редуцированный или глей окисленный).

В зоне распространения ожелезненных грунтовых вод их понижение приводит к появлению второго ортзандового горизонта, маркирующего вторичное преимущественное положение зеркала. Аналогичное явление может наблюдаться в зоне распространения жестких карбонатных вод. После осушения в этом случае формируется второй карбонатный, часто вскипающий горизонт, соответствующий современному новому положению зеркала грунтовых вод.

Следует, однако, подчеркнуть, что эти признаки, отражая новые гидрологические условия, сами по себе еще не достаточны для суждения о свойствах почв как объекте мелиорации. Такие наблюдения необходимо дополнять сведениями об урожайности сельскохозяйственных культур в годы и периоды разной влажности на ранее осушенных почвах. При таком подходе окажется возможным раскрыть их особенности как среды обитания растений и принять обоснованное решение о целесообразности реконструкции осушительной системы.

При проведении почвенно-мелиоративных работ на объектах реконструкции особенно важна целесообразная организация полевых изысканий. Ее следует выполнять в два этапа. На *первом* этапе весной предусматривается рекогносцировочное обследование объекта, в ходе которого на топооснову наносят контуры почв, испытывающих избыточное увлажнение в результате застоя поверхностных и высокого стояния грунтовых вод. На *втором* этапе (в этом случае независимо от оптимальных сроков) выполняют съемочные почвенно-мелиоративные работы на всей площади объекта реконструкции.

4. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИДРОМОРФНЫХ ПОЧВ И ИХ ИЗМЕНЕНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ МЕЛИОРАЦИИ

При изучении заболоченных массивов в мелиоративных, агро- и лесохозяйственных целях особый интерес представляют физические свойства почв. Это обстоятельство обусловлено тем, что любой расчет параметров мелиоративных систем основан главным образом на анализе этих свойств. Однако физические свойства почв определяют не только способ, но и метод мелиорации, поскольку они позволяют диагностировать причины заболачивания почв.

Было бы неверно предполагать, что с физическими свойствами связаны только гидромелиоративные работы. В равной мере они определяют динамику важнейших режимов, комплекс агро-мелиоративных, природо-охранных и почвозащитных мероприятий.

В этой общей проблеме рассмотрим следующие актуальные и тесно связанные между собой вопросы. 1. Изменение свойств почвообразующих пород под влиянием глееобразования. 2. Закономерности изменения физических свойств горизонтов почвенного профиля под влиянием постепенно усиливающегося (в пространстве) оглеения. 3. Изменение свойств минеральных почв под влиянием дренажа и агро-мелиоративных мероприятий. 4. Физические свойства торфяных почв и их изменение под влиянием осушения.

4.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ. КРИТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

При оценке физических свойств гидроморфных почв важное значение приобретают критические характеристики. К ним следует относить такие абсолютные параметры, которые указывают на качественное изменение функционального состояния горизонтов почвенного профиля.

В условиях гумидной зоны при мелиоративной оценке особое значение имеют практические критерии фильтрации, общей порозности, влагоемкости и объемной массы.

Критические значения фильтрации связаны с оценкой значений, при которых горизонт приобретает водоупорные свойства. Это происходит тогда, когда коэффициент фильтрации оказывается равным или меньшим 0,06 м/сут (Fley, 1961; Eggelsmann, 1973). Над такими горизонтами в гидроморфных почвах можно ожидать появления верховодки после выпадения дождей или снеготаяния при условии, когда в профиле почв отсутствуют мерзлотные слои. Значения фильтрации, равные 0,06 (0,05) м/сут и ниже, имеют место в покровных лесовидных, моренных, озерно-ледниковых и морских глинах. Они не встречаются в аллювиальных структурных глинах и редко свойственны глинистому элюво-делювиально-пермских карбонатных отложений.

Нередко глубины залегания водоупора характеризуют тремя градациями: малая — водоупор на глубине 4 дм или выше; средняя — 4...8; большая — 8...13 дм. В зависимости от абсолютных величин при решении мелиоративных задач значения K_f (м/сут) дифференцируют на: крайне низкий — $< 0,01$; очень низкий — 0,01...0,06; низкий — 0,06...0,15; средний — 0,15...0,40; высокий — 0,40...1,00; очень высокий — 1,0...2,5; крайне высокий — $> 2,5$ (Eggelsmann, 1981). В СССР в последние годы получила распространение более обобщенная оценка почв по этому показателю (табл. 8) на основании СНиП 2.06.03—85.

При оценке критических значений влажности и воздухоносной порозности в качестве верхнего предела влажности почв, указывающей на возникновение неблагоприятных экологических условий, вызванных избыточным увлажнением, нередко называют предельную полевую влагоемкость (ППВ). Однако отрицательное влияние увлажнения определяется прежде всего нарушением газообмена в почве. Оно насту-

8. Классификация почв по водопроницаемости

Группа почв по водопроницаемости	Водопроницаемость подпахотных горизонтов почв	Коэффициент фильтрации, м/сут
1	Очень низкая	< 0,01
2	Низкая	0,01...0,1
3	Средняя	0,1...0,3
4	Высокая	0,3...1,0
5	Очень высокая	> 1,0

пает при увлажнении пахотного горизонта до влажности, равной общей порозности минус 8 % (объемн.), а в подпахотных — общей порозности минус 5 % (Меннинг, 1984; Рассел, 1955; Качинский, 1965, и др.). Эти критерии интересны еще и тем, что, по данным Гайслера (Geisler, 1973), воздухообмен и стабильное перемещение кислорода возможны при содержании воздухоносных пор в почве 4...7 % и выше, а по данным Кеэди (Kezdi, 1968), движение сельскохозяйственных машин по полю резко ухудшается или становится невозможным при воздухоносной порозности пахотного горизонта, равной 6...8 % или менее. Поэтому влажность почвы, соответствующая состоянию экологического избыточного увлажнения, может оказаться значительно выше ППВ (например, в песчано-супесчаных, легкосуглинистых подзолистых почвах — соответственно в 2...3 раза и на 20...30 %; в структурных пойменных почвах — на 20...50 %); меньшей, чем ППВ (на 3...5 % в глинистых почвах на покровных, моренных и других породах), или близкой к ППВ (например, в почвах на средне- и тяжелосуглинистых лессовидных покровных породах).

Таким образом, при рассмотрении результатов гидрологических наблюдений мы будем исходить из того, что состояние экологического избыточного увлажнения наступает тогда, когда объем воздухоносной порозности в пахотном горизонте равен или ниже 8 %, а в подпахотных — 6 %. Используя эти критерии, нельзя не видеть, однако, их определенную условность, так как возникновение анаэробии при таких параметрах порозности может и не происходить при выпадении осадков в холодный период года или прохождении вод снегового паводка, обогащенных кислородом.

Оптимальные значения объемной массы минеральных почв, соответствующие наиболее целесообразному соотношению твердой фазы, воды и воздуха, в суглинистых и глинистых почвах составляют 1,1...1,3 г/см³. В почвах Нечерноземной зоны на моренных, покровных, озерно-ледниковых породах такие значения могут иметь место преимущественно только в самых поверхностных горизонтах почвенного профиля (A1...A2). Глубже почвенный профиль характеризуется значениями 1,4...1,6 (на тяжелых покровных породах); 1,5...1,7 — на озерно-ледниковых отложениях; 1,6...1,8 — на моренных тяжелых суглинках и глинах.

Почвы с объемной массой, равной или близкой к оптимальной (1,1...1,3 г/см³) по всему профилю, встречаются в ограниченных араа-

лах. Как правило, это большинство тяжелых дерновых зернистых почв центральной и притеррасной пойм Нечерноземья, реже — почвы на карбонатном красноцветном элюво-делювии пермских отложений, а также некоторые лугово-карбонатные почвы с мощными гумусовыми горизонтами.

Физические свойства почв необходимы при расчете основных параметров мелиоративных систем (междренних расстояний, глубины заложения дрена, выборе системы агромелиоративных мероприятий по ускорению поверхностного и внутрипочвенного стоков), прогнозе влияния дренажа на окружающую среду, при установлении причин заболачивания почв, решении других задач. Сведения о физических свойствах (плотности, объемной массе, общей порозности, предельной полевой влагоемкости, воздухоносной порозности, фильтрации и др.) основных генетических групп почв Нечерноземной зоны были подробно рассмотрены нами ранее (Зайдельман, 1985). Здесь следует остановиться на рассмотрении новых данных, отражающих влияние глееобразования, основного процесса почвообразования в гумидных ландшафтах, на физические свойства почв и закономерности их изменения под влиянием дренажа и агромелиоративных мероприятий.

4.2. ИЗМЕНЕНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО, МИКРО- И МАКРОАГРЕГАТНОГО СОСТАВА ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД ПОД ВЛИЯНИЕМ ГЛЕЕОБРАЗОВАНИЯ

При оценке влияния глееобразования на физические свойства почв следует прежде всего понять общие закономерности изменения гранулометрического состава почвообразующих пород в результате воздействия этого процесса.

Выше было показано, что в условиях моделирования влияние глееобразования на гранулометрический состав определяется особенностями минералогии и водного режима. В кислых породах при промывном режиме происходят интенсивное обезыливание горизонта и уменьшение содержания физической глины. При застойном режиме на кислых, а также на карбонатных породах в условиях промывного и застойного режимов оглеение вызывает увеличение содержания ила и физической глины. Это явление, очевидно, связано с изменением агрегатного состава горизонта. Под действием оглеения происходят растворение и вынос карбонатов, оксида железа, гуматов кальция и железа — веществ, склеивающих элементарные гранулы в агрегаты. Распад агрегатов является причиной повышения содержания илистых частиц в горизонте. Если этот процесс идет более интенсивно, чем вынос, наблюдается утяжеление гранулометрического состава (например, при оглеении карбонатных пород). Напротив, в условиях промывного режима на кислых породах происходит значительный вынос ила (в условиях опыта — до 50 %).

Эти общие закономерности изменения гранулометрического состава почвообразующих пород под влиянием оглеения были затем обнаружены нами (Зайдельман, Болатбекова, 1985) и в природных условиях Нечерноземной зоны. Непосредственными объектами исследова-

9. Изменение некоторых физико-химических свойств глинистых почвообразующих

Порода	Горизонт	Гумус (по И. В. Тюрину), %	pH	
			водный	солевой
Пермская карбонатная глина	Неогленная порода	0,08	7,8	7,7
	Глей	2,15	6,8	6,1
Аллювиальная глина	Неогленная порода	1,28	4,8	4,2
	Глей	1,61	5,6	5,1
Ленточная глина	Неогленная порода	0,22	7,1	6,9
	Глей	0,23	7,1	6,1
Кислая моренная глина	Неогленная порода	0,05	4,6	3,9
	Глей	0,18	6,5	5,6
Лессовидная глина	Неогленная порода	0,08	4,5	3,8
	Глей	0,23	6,6	6,3

ния были пермские карбонатные, аллювиальные, ленточные, моренные и лессовидные (покровные) глины, т. е. основные широко распространенные почвообразующие породы европейской территории Нечерноземной зоны. Образцы этих пород были отобраны в следующих географических пунктах: аллювиальные, моренные и лессовидные глины — в Московской; пермские карбонатные — в Кировской и ленточные глины — в Новгородской областях.

Для исследования каждой генетической группы были использованы образцы неогленных почвообразующих пород (горизонт С) с глубины 1,5...2,0 м и глеевые горизонты, находящиеся в условиях преимущественно застойного субаквального водного режима. Только в почвах на карбонатных пермских глинах глеевый горизонт, приуроченный непосредственно к гумусовому, был образован в условиях периодически промывного режима. В последнем случае глеевый горизонт в отличие от нижележащей толщи оказался отмытым от карбонатов, имел интенсивную серовато-сизую окраску и залегал на почти неогленной, но постоянно обводненной красноцветной толще пермских карбонатных глин. Монолитные и рассыпные образцы для каждого варианта отбирали в 3...5-кратной повторности из траншей длиной 4...5 м.

По окраске и другим морфологическим признакам исследованные горизонты можно отнести к трем группам — глей редуцированный (C_r на аллювиальных и пермских глинах); глей редуцированно-окисленный (C_{ro} на ленточных глинах) и глей мраморовидный (C_{mr} на моренных и лессовидных глинах).

При выборе сопоставимых образцов почвообразующих пород и глеевых горизонтов исходили из того, что каждая пара образцов (неогленная порода — глей) должна обладать однозначным, не выходящим за границы одной градации гранулометрического состава содержанием физической глины (сумма частиц < 0,01 мм). Сравнимые пары

пород Нечерноземной зоны под влиянием глееобразования

Кислотность		Подвижный Al (по А. В. Со- колову)	Поглощенные основания			Степень насыщен- ности ос- нования- ми, %
обмен- ная	гидроли- тическая		Ca ²⁺ + Mg ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
мг · экв/100 г почвы						
0,10	0,2	Нет	49,8	Не определяли		99,7
0,07	1,0	”	32,9	28,8	4,1	97,0
1,49	11,3	4,1	31,1	24,6	6,5	73,3
0,09	6,9	Нет	37,6	29,9	7,7	84,5
0,04	0,8	”	27,8	19,4	8,4	97,2
0,05	1,0	”	30,4	24,6	5,8	96,9
3,01	12,7	13,6	19,7	12,1	7,6	60,7
0,05	1,6	0,3	30,2	23,9	6,3	95,0
3,85	10,4	10,4	19,3	14,5	4,8	64,9
0,13	1,9	0,1	35,7	25,9	9,8	95,1

(неоглеенные и глеевые образцы) по этому признаку достоверно (кроме аллювиальной глины) не различаются при уровне значимости $P = 5\%$. Все неоглеенные и оглеенные образцы, кроме того, оказались близкими по распределению фракции. Это позволяет рассматривать их достаточно представительными для оценки влияния глееобразования на их свойства.

Рассмотрение некоторых физико-химических свойств этих тяжелых почвообразующих пород обнаруживает ряд общих закономерностей их изменения под влиянием оглеения (табл. 9). По характеру этих изменений глеевые горизонты на различных породах можно объединять в три группы.

Глеевые горизонты первой группы формируются на кислых породах в условиях застойного режима (покровные, моренные и аллювиальные глины). Они всегда отличаются более высокими значениями pH, суммы поглощенных оснований и степени насыщенности почвенного поглощающего комплекса, меньшим содержанием или отсутствием подвижного алюминия и более низкими значениями гидролитической кислотности по сравнению с неоглеенной почвообразующей породой. Увеличение значений pH глеевых горизонтов на кислых породах связано, по-видимому, с действием следующих трех факторов. Во-первых, с интенсивным выщелачиванием щелочно-земельных металлов на водосборе и их концентрацией в отрицательных элементах рельефа и на плакорах с заболоченными почвами; во-вторых, с ослаблением или отсутствием элювиальных явлений в условиях застойного водного режима; в-третьих, с мобилизацией кальция и магния из минеральной массы в результате трансформации некоторых минералов в анаэробных субаквальных условиях.

Вторая группа глеевых горизонтов формируется на нейтральных тяжелых плотных и плохо водопроницаемых породах, приуроченных

к плоским пространствам с невыраженной водосборной площадью (ленточные глины). Такие породы не претерпевают отчетливых изменений при оглеении. Физико-химические свойства таких глеевых горизонтов близки или тождественны свойствам неоглеенной породы.

В третью группу входят глеевые горизонты на карбонатных глинах (пермские породы — элювий карбонатных глинистых сланцев). Они образуются, как отмечалось выше, в супераквальных условиях и отличаются продолжительными фазами промывного режима. При этом наблюдаются вынос карбонатов и подкисление глеевого горизонта по сравнению с породой. Следует подчеркнуть и то существенное обстоятельство, что все глеевые горизонты всегда отличаются от исходных пород более высоким содержанием органического вещества (см. табл. 9). Вместе с тем абсолютные величины его существенно варьируют. Эти вариации носят закономерный характер и определяются рядом генетических причин.

В кислых глеевых горизонтах абсолютное содержание гумуса относительно невелико (0,18...0,23 %). Однако оно в 2...4 раза превышает его содержание в породе. В почвообразующих породах, возникающих в результате седиментации аллювия (например, в озерно-ледниковых и пойменных отложениях), неоглеенные горизонты содержат равные количества органического вещества.

Значительное абсолютное содержание гумуса в современном аллювии (1,3...1,6 %) объясняется тем, что все слои профиля почв центральной и притеррасной поймы в недалеком прошлом являлись аккумулятивными горизонтами *A1*. Наконец, глеевый горизонт на элювии карбонатных отложений содержал в 15...20 раз больше гумуса, чем порода. Последнее связано с тем, что в процессе почвообразования этот горизонт, залегающий непосредственно под гумусовым горизонтом *A1*, обогащается как иллювиновым гумусом, так и *in situ* перегноем корней растений.

При анализе экспериментальных данных следует обратить внимание на то, что всегда при застойном глееобразовании на кислых породах и при промывном режиме на пермских карбонатных глинах глеевые горизонты закономерно отличаются более высоким содержанием частиц < 0,001 мм (табл. 10).

При этом наиболее значительное увеличение ила наблюдается в тех породах, которые в неоглеенном состоянии обладают хорошо выраженной водопрочной структурой (например, пермские карбонатные и аллювиальные глины). В кислых моренных и лессовидных глинах увеличение ила при оглеении оказалось незначительным. Здесь наблюдается лишь определенная тенденция повышения илистой фракции по сравнению с породой. Нейтральные или слабокарбонатные ленточные глины по изменению содержания ила занимают промежуточное положение. Причины такого эффекта, очевидно, связаны с тем, что при оглеении происходит разрушение агрегатов пород в результате растворения гидроокисного и карбонатного цемента и высвобождение ранее сцементированных тонких элементарных частиц. Такое обога-

10. Изменение granulометрического состава тяжелых почвообразующих пород Нечерноземной зоны под влиянием глееобразования, %
(метод Н. А. Качинского)

Порода	Горизонт	Гипроско- пическая во- да, %	Размер частиц, мм					
			> 0,25	0,25...0,05	0,05...0,01	0,01...0,005	0,005...0,001	< 0,001
Пермская карбонат- ная глина	Неоглеенная порода Глей	4,2 7,6	1,2 1,3	16,9 18,2	27,8 24,5	9,1 7,4	19,3 10,7	27,0 39,1
Аллювиальная гли- на	Неоглеенная порода Глей	5,3 7,4	Нет "	4,4 12,3	30,3 14,3	13,8 9,4	16,3 17,8	35,1 46,2
Ленточная глина	Неоглеенная порода Глей	2,6 4,0	" "	1,7 4,2	6,4 4,5	13,8 12,9	35,9 31,0	42,2 47,4
Кислая моренная глина	Неоглеенная порода Глей	4,1 4,1	6,1 6,0	13,9 10,4	23,5 27,1	11,5 11,1	14,5 12,7	30,5 32,7
Лессовидная глина	Неоглеенная порода Глей	3,8 4,5	Нет 0,4	3,4 4,3	41,9 34,4	12,5 14,0	11,4 -13,6	30,9 33,3
								55,3 57,2 65,1 73,4 92,0 91,6 56,5 56,5 54,7 60,6

щение глеевых горизонтов илом можно наблюдать и при изучении микроагрегатного состава глинистых пермских, аллювиальных, ленточных пород (табл. 11).

Вместе с тем глеевые горизонты на моренных и лессовидных породах не отличались заметным увеличением выхода илистой фракции при их микроагрегатном анализе по сравнению с неоглеенной породой. Коэффициент агрегированности (K_{agr}), т. е. отношение содержания частиц при гранулометрическом анализе к их содержанию при микроагрегатном, для частиц $< 0,005$ мм в исследуемых породах и глеевых горизонтах равен 1 (см. табл. 8). K_{agr} частиц $< 0,001$ мм заметно возрастает для неоглеенных пород, а его абсолютные значения для разных пород оказываются различными. В пермских карбонатных, аллювиальных, ленточных, моренных и лессовидных породах K_{agr} для частиц $< 0,001$ мм соответственно составляет 9,6; 8,0; 3,5; 8,5; 5,7.

Таким образом, в исследованных почвообразующих породах прочно скоагулирована только илистая фракция. В ленточных глинах коагуляция проявляется в минимальной степени, и эта порода, по-видимому, находится в более дисперсном состоянии, чем остальные. Вероятно, именно это обстоятельство, а также ее тонкослоистая текстура объясняют необходимость строительства на ленточных глинах каналов с максимальным заложением откосов, низкую устойчивость кротовин, скалывание стенок дренажных траншей при незначительном увлажнении, невысокую эффективность глубокого рыхления и другие неблагоприятные мелиоративные особенности таких лимногляциальных пород и почв на этих породах.

При оглеении K_{agr} пород для частиц $< 0,001$ мм заметно меняется и составляет соответственно 5,5; 3,8; 3,4; 10,2 и 7,6. В результате глееобразования K_{agr} для частиц пермских карбонатных и аллювиальных глин снизился в 2 раза, моренных и лессовидных пород увеличился, ленточных глин не изменился. По этому критерию наибольшая дезагрегация при оглеении происходит в хорошо оструктуренных породах — аллювиальных и пермских карбонатных глинах. В менее агрегированных в неоглеенном состоянии моренных и лессовидных глинах при глееобразовании повышается способность к микроагрегированию фракции $< 0,001$ мм. Микроагрегатный состав нейтральных или слабокарбонатных пород (ленточные глины) при глееобразовании не испытывает существенных изменений.

К аналогичному выводу приводит и рассмотрение значений фактора дисперсности K (по Качинскому) этих пород в неоглеенном и оглеенном состояниях. Следует подчеркнуть, что максимальные значения фактора дисперсности свойственны неоглеенным ленточным глинам и глеевым горизонтам почв, приуроченных к этим породам.

В оценке влияния глееобразования на агрегатный состав почв до последнего времени отсутствует единая точка зрения. Как правило, в литературе широко распространено представление об ухудшении агрегатного состава почв при оглеении. Вместе с тем А. А. Роде (1933) показал, что оглеение гумусовых горизонтов, обогащенных алюминием, сопровождается накоплением агрегатов размером 1...0,25 мм.

11. Изменение микроагрегатного состава тяжелых почвообразующих пород Нечерноземной зоны при оглеении, % (метод Н. А. Качинского)

Порода	Горизонт	Размер частиц, мм						Катр, мм		Фактор дисперсности, %
		> 0,25	0,25...0,05	0,05...0,01	0,01...0,005	0,005...0,001	< 0,001	< 0,005	< 0,001	
Пермская карбонатная глина	Неоглеенная порода	Нет	33,2	34,3	10,9	17,6	2,8	31,3	1,1	9,6
	Глей	"	32,8	37,3	10,9	10,6	7,1	28,6	1,0	5,5
Аллювиальная глина	Неоглеенная порода	"	27,1	43,9	13,7	12,3	4,2	29,0	1,3	8,0
	Глей	"	20,1	39,6	9,1	19,0	12,2	43,3	1,0	3,8
	Неоглеенная порода	"	2,7	23,6	28,0	33,7	11,2	73,7	1,1	3,5
	Глей	"	13,2	23,9	18,3	30,6	14,0	62,9	1,0	3,4
Кислая моренная глина	Неоглеенная порода	4,2	22,7	39,6	13,5	16,8	3,6	33,9	0,9	8,5
	Глей	5,1	21,2	42,6	15,2	12,7	3,3	31,1	1,0	10,2
Лессовидная глина	Неоглеенная порода	Нет	9,2	62,9	12,4	9,8	5,7	27,9	1,1	5,7
	Глей	0,4	11,5	53,6	14,5	16,0	4,4	34,9	0,9	7,6

Позднее Н. А. Димо (1940), исследуя минеральные сильнооугленые почвы Колхидской низменности, пришел к выводу об их "скрытоагрегатном" характере, который отчетливо проявлялся после высушивания. По наблюдениям А. Ф. Скворцова (1957), структура горизонтов этих сильнооугленых почв отличалась длительной сохранным в анаэробных условиях. Косвенное подтверждение этих данных содержится в работах Г. В. Добровольского, И. П. Бабьевой и А. П. Лобутева (1960), Ф. Р. Зайдельмана (1975), показавших, что сильнооугленные горизонты пойменных почв в долинах рек Клязьмы, Москвы и других имели те же значения объемной массы и общей порозности, что и аналогичные по гранулометрическому составу горизонты неогленых почв.

С целью более строгой проверки влияния глееобразования на водопропрочность структурных элементов основных почвообразующих пород тяжелого состава нами была изучена водопропрочность разных фракций агрегатов предварительно высушенных до воздушно-сухого состояния неогленых пород и глеевых горизонтов почвенных профилей, развитых на этих породах (табл. 12). Во всех случаях были получены однозначные и несколько неожиданные результаты. Глеевые горизонты после высушивания на всех породах (за исключением лесовидных) отличались большей водопропрочностью агрегатов, чем неогленые породы. Выход агрегатов $< 0,25$ мм из глеевых горизонтов по сравнению с породой оказался ниже в 3 раза в аллювиальных и в 2 раза в пермских карбонатных глинах. На ленточных и моренных глинах наблюдалась определенная тенденция уменьшения выхода агрегатов $< 0,25$ мм из глеевых горизонтов. На лесовидных породах выход частиц $< 0,25$ мм из исходной породы и глеевых горизонтов был практически тождественным. При этом на всех нейтральных и кислых ледниковых и постледниковых породах (ленточных, моренных и лесовидных глинах) сумма агрегатов < 1 мм оказалась практически тождественной или близкой.

Эти наблюдения подтверждает и выполненная нами оценка устойчивости кротовых дрен по водопропрочности агрегатов фракции 3...5 мм. После просеивания в воде наблюдалась более высокая стабильность агрегатов этой фракции из глеевых горизонтов. Все эти данные по анализу структурного состава позволяли предполагать, что микроагрегаты воздушно-сухих глеевых горизонтов несколько более водопропрочны, чем неогленых пород. Однако этот вывод, очевидно, справедлив только для условий опыта, регламентируемых данным методом, в котором отсутствовала длительная гидратация агрегатов. В естественных условиях при постоянном или длительном застое влаги агрегатное состояние может оказаться иным.

Для проверки стабильности агрегатов этих же пород и глеевых горизонтов в условиях длительного насыщения водой были поставлены дополнительные опыты. Образцы неогленых и глеевых горизонтов массой 50 г из всех фракций агрегатов, полученных при сухом просеивании пропорционально их процентному содержанию, осторожно высыпали в 500-мл стаканы, наполненные на $\frac{2}{3}$ водой с добавлением 0,5 %-ного раствора сахарозы. Инкубация образцов проводилась в тер-

12. Влияние глееобразования на структурный состав почвообразующих пород тяжелого гранулометрического состава Нечерноземной зоны, % массы воздушно-сухой почвы (метод Н. И. Саввинова)

Порода	Горизонт	Размер частиц, мм								Сумма фракций, мм		
		> 10	10...7	7...5	5...3	3.. 2	2...1	1...0,5	0,5...0,25	< 0,25	1...0,25	< 1
Пермская карбонатная глина	Неоглеенная порода	53,2	16,1	9,9	5,0 20,2	5,2 10,7	5,2 10,2	1,9 6,3	2,7 13,0	0,9 39,6	4,6 19,3	5,5 58,9
	Глей	31,3	17,8	15,7	21,2 3,1	8,7 28,6	3,3 29,5	0,8 8,4	0,7 11,0	0,5 19,4	1,5 19,4	2,0 38,8
Аллювиальная глина	Неоглеенная порода	24,0	23,9	21,5	10,4	10,8	5,8	1,6	1,4	0,6	2,9	3,5
	Глей	38,5	23,7	13,3	1,1 4,9	7,3 6,9	19,1 5,8	12,5 2,1	23,8 3,2	36,2 1,6	36,3 5,3	72,5 6,9
Ленточная глина	Неоглеенная порода	29,3	29,7	15,2	2,5 10,4	25,8 6,0	33,7 5,1	12,6 1,2	12,5 2,1	13,0 0,8	25,1 3,3	38,1 4,1
	Глей	53,1	14,4	9,1	0,1 10,3	0,3 4,6	1,8 4,1	4,8 1,2	20,0 2,0	73,0 1,2	24,8 3,2	97,8 4,4
Кислая моренная глина	Неоглеенная порода	47,8	27,4	13,2	4,4	3,8	1,9	0,4	0,5	0,6	0,9	1,5
	Глей	38,2	26,4	17,2	0,9 6,3	0,6 6,2	2,2 2,6	3,8 0,3	21,6 0,2	70,9 2,6	25,4 7,5	96,3 3,1
Лессовидная покровная глина	Неоглеенная порода	59,9	10,1	6,3	0,6 7,9	1,7 4,6	6,1 4,2	6,7 1,3	23,1 2,7	61,9 2,9	29,8 4,0	91,7 6,9
	Глей	58,1	10,6	6,6	0,3 7,0	0,5 5,1	1,6 4,2	4,0 1,7	14,5 2,8	79,2 3,9	13,5 4,4	97,6 8,3
					0,9	1,5	3,5	2,7	12,8	78,6	15,5	94,1

* В числителе – сухое просеивание, в знаменателе – просеивание в воде.

мостате при $T = 25^{\circ}\text{C}$ 14 дней. После инкубации в анаэробных условиях исследуемые образцы переносили с водой на колонку сит и подвергали мокрому просеиванию. Полученные данные (табл. 13) показывают, что структурные глины (пермские и аллювиальные) по-разному реагируют на длительную гидратацию. В глеевом горизонте на пермских карбонатных глинах в этом случае произошло резкое увеличение выхода фракций $< 0,25$ и $< 1,0$ мм. Длительная гидратация в анаэробной среде привела к расклиниванию микроагрегатов и их распаду. В отличие от пермских карбонатных в аллювиальных глинах, агрегаты которых сцементированы гидроокислами железа и органическим веществом, длительная гидратация практически не изменила выхода фракций $< 0,25$ и $< 1,0$ мм. В глеевых горизонтах нейтральных и кислых ледниковых пород (ленточных, моренных и лессовидных) длительная гидратация также практически не изменила выход фракций размером $< 1,0$ и $< 0,25$ мм.

Резкое изменение агрегатного состава глеевых горизонтов из пермских карбонатных глин, вероятно, обусловлено следующими причинами. Эти горизонты в отличие от других формируются в супераквальных условиях и испытывают продолжительные фазы промывного режима. При этом происходит максимальный вынос железа и карбонатов из глеевых горизонтов, что и приводит к потере водопрочности агрегатов. Такое состояние агрегатов удается наблюдать лишь после длительной гидратации образца. Поэтому следует признать как общее правило, что оглеенные горизонты всегда обладают менее выраженной и менее водопрочной структурой, чем породы, если они формируются в условиях промывного режима.

Глеевые горизонты на других породах, образовавшиеся при застойном режиме, отличаются от глеевых горизонтов на пермских отложениях тем, что они не подвержены столь интенсивному обезжелезнению, обычно имеют более высокие pH, отличаются повышенным содержанием гумуса и поглощенных катионов кальция и магния, обуславливающих низкие дзета-потенциалы и образование связей частиц друг с другом, т. е. их агрегацию и повышение водопрочности. Важно отметить, что на взаимодействие частиц аллювиальных и ленточных глин оказывает определенное влияние высокое содержание в них органического вещества. На этих породах менее вероятны резкие изменения агрегатного состава после длительной гидратации или они не наблюдаются вообще. Вместе с тем было бы неверно считать, что и в этом случае не происходит существенного изменения структуры глеевых горизонтов по сравнению с породой. Определение порозности агрегатов методом парафинирования (табл. 14) показало, что пермские карбонатные, аллювиальные, моренные и лессовидные глины имеют соответственно следующие объемы пор: 34; 33; 37; 31 и 26 %, а глеевые горизонты, образовавшиеся на этих породах, — соответственно 32; 28; 34; 31 и 24 %. Полученные данные позволили выявить достоверное снижение внутриагрегатной порозности в глеевых горизонтах аллювиальных и ленточных глин и определенную тенденцию такого уплотнения в глеевых горизонтах большинства других пород.

13. Влияние длительной гидратации на структурный состав неоглеенных пород и глеевых горизонтов (метод Н. И. Саввинова, инкубация 14 дней при $T = 25^{\circ}\text{C}$)

Порода и ее состав	Горизонт	Содержание фракций, %; размер частиц, мм							Сумма фракций, мм	
		7...5	5...3	3...2	2...1	1...0,5	0,5...0,25	< 0,25	1...0,25	< 1
Пермская карбонатная глина	Неоглеенная порода Глей	30,4 0,5	23,2 6,3	7,4 17,0	9,0 29,0	4,8 9,4	10,8 14,4	14,4 23,2	15,6 23,8	30,0 47,0
Аллювиальная глина	Неоглеенная порода Глей	Нет "	2,8 2,6	9,0 17,6	23,8 40,6	11,6 10,8	23,6 13,2	29,2 15,2	35,2 24,0	64,4 39,2
Ленточная глина	Неоглеенная порода Глей	" "	0,5 0,5	0,7 2,0	2,7 8,0	3,8 7,4	18,1 19,4	74,2 62,7	21,9 26,8	96,1 89,5
Кислая моренная глина	Неоглеенная порода Глей	" "	0,9 0,8	0,8 0,4	2,7 2,4	4,5 5,8	18,6 23,7	72,5 66,9	23,1 29,5	95,5 96,4
Лессовидная глина	Неоглеенная порода Глей	" "	1,1 1,2	0,5 0,9	1,4 2,1	2,5 2,8	17,8 15,6	76,7 77,1	20,3 18,4	97,0 95,5

14. Порозность агрегатов глинистых почвообразующих пород и глеевых горизонтов, %*

Пермская кар- бонатная глина	Аллювиальная глина	Ленточная гли- на	Кислая морен- ная глина	Лессовидная (покровная) глина
$33,9 \pm 3,5$	$32,8 \pm 1,5$	$36,8 \pm 0,8$	$30,6 \pm 2,0$	$26,0 \pm 2,6$
$32,5 \pm 2,2$	$28,2 \pm 2,1$	$33,8 \pm 2,7$	$31,1 \pm 1,7$	$24,0 \pm 3,5$
Значимо не различаются**	Значимо различаются		Значимо не различаются	

* Числитель — почвообразующая порода, знаменатель — глеевый горизонт.

** При уровне значимости $P = 5\%$.

Таким образом, глееобразование оказывает глубокое и неоднозначное влияние на структурное состояние почвообразующих пород. Оно определяется как их генезисом, так и особенностями гидрологического режима, формирующего глеевые горизонты. Следует подчеркнуть, что это на первый взгляд несколько парадоксальное явление изменения макро- и микроагрегатного состава глинистых пород в результате оглеения находит определенное объяснение при рассмотрении изменений свойств пород, связанных с влиянием оглеения и высушивания.

Анализ структурного и микроагрегатного состава, а также реологические исследования почвообразующих пород и глеевых горизонтов проводили на воздушно-сухих образцах. В результате дегидратации происходят коагуляция глинистых частиц и их слипание в микроагрегаты. При глееобразовании усиливается роль структурообразования коагуляционного типа (Горькова, 1975; Зайдельман, Болатбекова, 1985), которое характеризуется тем, что частицы коагулята контактируют преимущественно через гидратные прослойки (Кульчицкий, 1975). При дегидратации глинистых частиц коагуляционные связи переходят в более прочные — коагуляционно-конденсационные и конденсационные. Прочность конденсационных связей, в частности, определяется количественным и качественным составом ионов дисперсной среды. Можно предполагать поэтому, что нарастание прочности конденсационных связей по мере дегидратации, по-видимому, происходит более интенсивно в глеевых горизонтах, чем в неоглеенных породах, что связано с их физико-химическими особенностями.

На основании полученных данных можно считать, что глееобразование не только оказывает разрушающее действие на структуру почвообразующих пород, но и может создавать условия для повышения прочности структурных связей, которые являются устойчивыми к действию воды, но легко разрушаются при деформации и более жесткой обработке.

4.3. ВЛИЯНИЕ ГЛЕЕОБРАЗОВАНИЯ НА УДЕЛЬНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ

Физические свойства почв в значительной мере обусловлены удельной поверхностью их твердой фазы. Как следует из рассмотренных данных, изменение химических свойств оглеенных горизонтов приводит к глубокой трансформации их физических свойств. Причина этих изменений независимо от водного режима и свойств породы связана с деструкцией микроагрегатов, обусловленной выносом кальция, железа, переходом органики в подвижную форму. В результате распада агрегатов существенно и по-разному изменяется гранулометрический состав.

Если оглеение развивается на фоне промывного водного режима на кислой породе, то происходит интенсивный лессиваж — потеря до 50 % и более ила из верхних слоев. В случае оглеения таких же кислых пород в условиях застойного режима, а карбонатных пород — как при застойном, так и при промывном, наблюдается накопление ила, своеобразное "оглинивание" горизонта. Именно поэтому в условиях промывного режима оглеение кислых (и нейтральных) пород сопровождается уменьшением общей удельной поверхности почв, а при застойном — ее увеличением (рис. 4.1) (Зайдельман, Болатбекова, 1984; Зайдельман, 1985).

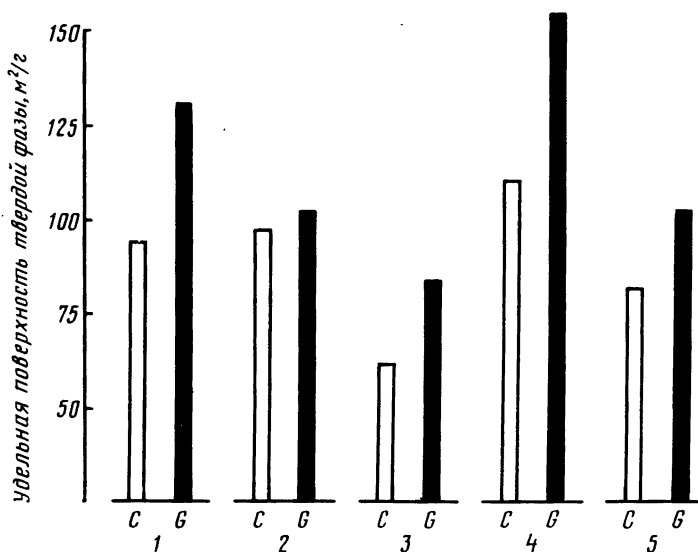


Рис. 4.1. Изменение общей удельной поверхности твердой фазы почвообразующих пород разного генезиса под влиянием оглеения (горизонты C и G):

1 — пермские; 2 — аллювиальные; 3 — ленточные; 4 — моренные; 5 — покровные

Ранее было показано, что на основе данных о величинах общей, внешней и внутренней удельных поверхностей, определенных адсорбционными методами с использованием в качестве адсорбатов молекул воды и азота, можно оценить некоторые особенности строения твердой фазы почв и пород (Воронин и др., 1974).

Оглеение качественно изменяет поверхности твердой фазы так, что ее адсорбционная емкость увеличивается. Ее возрастанию в условиях застойного водного режима (или промывного на карбонатных породах) способствует также утяжеление гранулометрического состава глеевых горизонтов. Эти же причины приводят и к увеличению общей удельной поверхности, активной по отношению к воде, — S_o . Однако степень увеличения S_o и характер изменения ее различных составляющих — внешней S_e , внутренней S_i и удельной поверхности по азоту S^N неоднозначны для почвообразующих пород разного генезиса и глеевых горизонтов, сформированных на этих породах (табл. 15). Для оценки изменения этих параметров (S_e , S_i , S^N) рассмотрим определяющие их факторы.

Внутренняя удельная поверхность твердой фазы S_i складывается из поверхности, ограничивающей межпакетные пространства в решетке лабильных силикатов и микрополостей, которые заполняются водой в процессе формирования условного монослоя молекул воды по БЭТ. На существование таких полостей указывает наличие внутренней поверхности в твердой фазе горизонтов, не содержащих лабильных силикатов. Увеличение внутренней удельной поверхности может происходить также за счет потери в результате глееобразования компонен-

15. Изменение удельной поверхности* глинистых почвообразующих пород Нечерноземной зоны при оглеении, м²/г (Ф. Р. Зайдельман, К. С. Болатбекова, Е. И. Малиновский)

Порода	Горизонт	S_o	S_i	S_e	S^N	S_e/S^N
Пермская карбонатная глина	Почвообразующая порода	95	46	49	45	1,1
	Глей	131	55	76	48	1,6
Аллювиальная глина	Почвообразующая порода	96	50	46	38	1,2
	Глей	103	40	63	57	1,2
Ленточная глина	Почвообразующая порода	64	15	49	34	1,4
	Глей	87	15	72	44	1,6
Кислая моренная глина	Почвообразующая порода	113	41	72	43	1,7
	Глей	155	62	93	43	2,2
Лессовидная покровная глина	Почвообразующая порода	83	36	48	44	1,1
	Глей	100	45	55	43	1,0

* Удельная поверхность: S_o — общая; S_i — внутренняя; S_e — внешняя; S^N — по адсорбции N_2 .

тов твердой фазы с неразвитой внутренней поверхностью, например карбонатов.

Величина внешней удельной поверхности S_e определяется степенью дисперсности микроагрегатов, как имеющих, так и не имеющих внутреннюю поверхность. Наконец, удельная поверхность по азоту S^N — это поверхность микроагрегатов или отдельных почвенных частиц, за исключением поверхности микроагрегатных полостей, в которые не проникают молекулы азота.

Отношение S_e/S^N резко возрастает в почвах и горизонтах, где в процессе почвообразования возникают условия для организации почвенных частиц в микроагрегаты. Это позволяет признать, что внутри микроагрегатов существуют полости, не доступные молекулам азота, в которых может адсорбироваться влага (Воронин, 1978). Обычно при оглеении (см. табл. 23) наблюдается закономерное увеличение абсолютных значений этого отношения, хотя его абсолютные изменения в породах разного генезиса оказываются существенно различными.

При оглеении пермских карбонатных глин увеличение внутренней поверхности происходит в результате увеличения содержания лабильных силикатов и выноса карбонатов, не имеющих внутренней поверхности (Витязев, 1981). Резкое увеличение соотношения S_e/S^N (с 1,0 в неоглеенной породе до 1,6 в глее) свидетельствует о том, что в почвах на пермских глинах в результате оглеения возникают лучшие условия для агрегирования. Этому способствует значительное накопление органического вещества, кальция и магния.

В неоглеенных и оглеенных горизонтах аллювиальных глинистых отложений обнаружены равные абсолютные значения S_e/S^N . Это интересное явление, по-видимому, можно объяснить тем, что в процессе оглеения и растворения цементов происходит высвобождение не элементарных гранул, как это имеет место, например, в пермских карбонатных глинах, а мелких микроагрегатов. Их строение в процессе оглеения не претерпевает существенных изменений или не изменяется вообще.

Моренные неоглеенные глины отличаются высокой исходной микроагрегированностью. Об этом свидетельствуют высокие значения соотношения $S_e/S^N \sim 1,7$. Однако пленки гидроокиси железа ограничивают развитие гидратных слоев в межпакетных пространствах лабильных силикатов. Оглеение, вызывая растворение оксидных пленок железа, способствует активному микроагрегированию всей массы оглеенной морены.

В лессовидной глине, как и в моренной, оглеение не вызывает заметного изменения удельной поверхности по азоту и соотношения S_e/S^N .

Таким образом, можно в качестве гипотезы высказать предположение о том, что в зависимости от генезиса почвообразующих пород клеющие вещества (оксиды железа, карбонаты, гуматы железа и кальция) могут связывать как элементарные гранулы, так и микроагрегаты. В результате оглеения в первом случае возможно последующее

агрегирование этих элементарных гранул (в пермских и лессовидных глинах) или во втором — при освобождении микроагрегатов — их взаимная коагуляция происходит в меньшей мере (в ленточных и моренных глинах) или не происходит вообще (аллювиальные глины).

Отметим и еще одну важную в мелиоративном отношении особенность. Следствием глееобразования в условиях застойного водного режима всегда является увеличение общей и внешней удельной поверхности твердой фазы (см. табл. 15). Поэтому глеевые горизонты, сформировавшиеся в условиях застойного водного режима, должны обладать более высокой влагоемкостью и, следовательно, меньшим коэффициентом водоотдачи, чем неоглеенные горизонты породы тождественного или близкого гранулометрического состава. Такой вывод справедлив для глеевых горизонтов, образованных на суглинистых и глинистых породах, не подверженных активному обезыливанью. Напротив, в легких породах (например, на флювиогляциальных песках) при застойном режиме или на кислых суглинистых и глинистых породах при промывном режиме на фоне лессиважа и интенсивного обезыливания оглеенные и глеевые горизонты могут отличаться известным снижением влагоемкости по сравнению с влагоемкостью исходных почвообразующих пород.

4.4. ГЛЕЕОБРАЗОВАНИЕ КАК ФАКТОР ТЕКСТУРНО-ГЛИНИСТОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПРОФИЛЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ВОДОУПОРНЫХ ГОРИЗОНТОВ

Основная площадь Нечерноземья образована суглинистыми и глинистыми почвами с текстурно-глинистой дифференциацией профиля. Рассмотренные выше данные, отражающие изменения гранулометрического и химического состава кислых (и нейтральных) пород под влиянием глееобразования в условиях застойно-промывного водного режима, позволяют объяснить причины широко распространения таких почв и механизм этого явления. В теоретическом плане объяснение такой дифференциации подзолистых и серых лесных суглинистых и глинистых почв важно для понимания их генезиса. В прикладном отношении оно заслуживает внимания потому, что объясняет причины возникновения в профиле относительно однородных по гранулометрическому составу почв водоупорных горизонтов, приводящих к аккумуляции верховодки в поверхностных слоях.

Полученные данные позволяют признать, что глееобразование на начальных этапах заболачивания почв при обеспеченном дренаже на кислых породах приводит к интенсификации лессиважа и обезыливанию поверхностных горизонтов (рис. 4.2). Это, несомненно, один из важнейших или, возможно, единственный механизм текстурно-глинистой дифференциации профиля почв на однородных породах в гумидных ландшафтах. На рисунке показана такая дифференциация подзолистых и серых лесных почв на кислых покровных лессовидных суглинках южной тайги и широколиственной зоны при разной степени оглеения (Зайдельман и др., 1985).

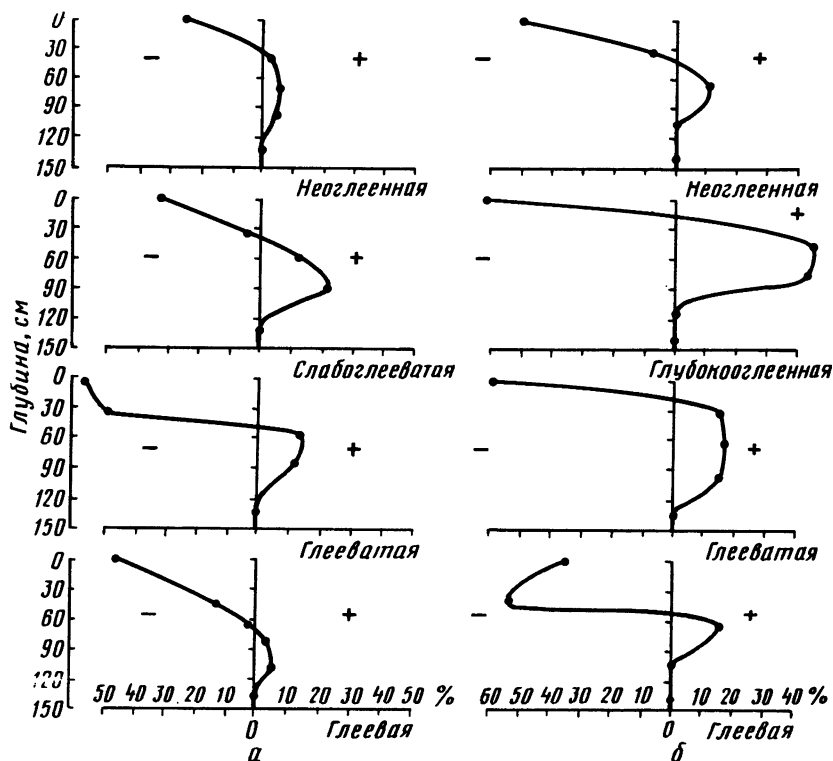


Рис. 4.2. Влияние оглеения на текстурно-глинистую дифференциацию почв:

а — серых лесных тяжелосуглинистых; б — дерново-подзолистых суглинистых

Таким образом, в почвах на однородных по гранулометрическому составу породах под влиянием глееобразования на его начальных этапах возможно формирование выраженных оглиненных иллювиальных горизонтов, уплотненных в результате интенсивного лессиважа. В тяжелых почвах они возникают в самых начальных стадиях оглеения (слабоглееватые), а в относительно легких (легко- и среднесуглинистых) наблюдаются в глубокооглеенных и глееватых разновидностях. Их появление может оказаться причиной возникновения в профиле минеральных поверхностно заболоченных почв относительно слабо проницаемых водоупорных горизонтов. Кольматация горизонтов почвенного профиля в этом случае наблюдается ниже зоны элювиальных горизонтов. В суглинистых и глинистых почвах, подверженных текстурно-глинистой дифференциации и интенсивному лессиважу, коэффициент фильтрации горизонта *B1* уменьшается в 4... 8 раз по сравнению с аналогичными горизонтами тсх почв, где глинистая дифференциация не выражена.

4.5. ВЛИЯНИЕ ГЛЕЕОБРАЗОВАНИЯ НА УСАДКУ, СТЕПЕНЬ И ВЛАЖНОСТЬ НАБУХАНИЯ, ПЛАСТИЧНОСТЬ И КОНСИСТЕНЦИЮ

До последнего времени почти не уделялось необходимого внимания пластическим свойствам почвообразующих пород и почв, измененных под влиянием глееобразования. Вместе с тем это представляет особое значение для мелиоративного строительства, поскольку все основные сооружения осушительных систем или систем двустороннего действия, как правило, приурочены к глеевым или в различной мере оглеенным горизонтам почвенного профиля. В этой связи особый интерес представляют сведения об изменении набухания исследуемых пород в результате оглеения. Исследования набухания неоглеенных пород и глеевых горизонтов естественного сложения выполнялись нами (Зайдельман, Болатбекова, 1985) по методу А. М. Васильева.

16. Усадка, степень и влажность набухания глинистых почвообразующих пород и глеевых горизонтов с нарушенной структурой (исследование воздушно-сухих образцов. Метод А. М. Васильева)*

Порода	Горизонт	V_y	W_H	σ
		%		
Пермская карбонатная глина	Неоглеенная порода	22,4	37,6	0,15
	Глей	38,2	41,2	0,17
Аллювиальная глина	Неоглеенная порода	31,0	58,4	0,14
	Глей	42,3	63,5	0,13
Ленточная глина	Неоглеенная порода	28,4	57,7	0,02
	Глей	30,4	59,7	0,06
Кислая моренная глина	Неоглеенная порода	17,6	40,4	0,02
	Глей	29,5	43,2	0,08
Лессовидная глина	Неоглеенная порода	14,3	44,1	0,05
	Глей	29,5	50,4	0,13

* V_y – объемная усадка; W_H – влажность набухания; σ – степень набухания.

В таблице 16 приведены данные о влажности и степени набухания неоглеенных пород и глеевых горизонтов, полученные после предварительного высушивания образцов при 25 °С. Параллельно определяли эти параметры по стандартной методике, т. е. в состоянии естественной влажности.

Были получены весьма неоднородные данные, не отражающие влияния оглеения на набухаемость пород. Поскольку глеевые горизонты всегда находились в состоянии полной влагоемкости, то в этих условиях оценить их способность к набуханию оказывается невозможным. Чтобы исключить несопоставимость начальных значений влажности, неоглеенные породы и глеевые горизонты с естественной влажностью и ненарушенным сложением были подвергнуты высушиванию до воздушно-сухого состояния. В этом случае оказалось, что степень набуха-

ния и влажность набухания глеевых горизонтов всегда выше, чем в исходных породах.

Полученные данные позволяют обратить внимание на то, что принятая в грунтоведении и почвоведении основная методика определения влажности и степени набухания грунтов и почв, примененная к образцам с естественным сложением и естественной влажностью, может привести к парадоксальным выводам из-за несопоставимости ее первоначальных значений. Поэтому оценку изменений набухаемости пород при оглеении целесообразно проводить на образцах с одинаковой влажностью, т. е. на воздушно-сухих.

В познавательном и прикладном отношениях особое значение приобретает оценка изменений пластичности глинистых почвообразующих пород под влиянием оглеения. Несмотря на то, что все исследуемые породы по гранулометрическому составу являются глинами, по показателям пределов и числа пластичности они существенно различаются. Так, верхний предел пластичности аллювиальных глин 47 %, ленточных — 44, пермских — 42, лессовидных — 37, моренных — 34 %. Аналогичные изменения наблюдаются и по числу пластичности. Оглеение оказывает заметное влияние на значения пределов пластичности. При оглеении пермских, аллювиальных и ленточных пород они возрастают на 20...30 % и более по сравнению с природой. В глеевых горизонтах на моренных и лессовидных глинах, обогащенных крупной пылью и песком, эти изменения менее существенны (7...10 %). Вместе с тем число пластичности всегда выше в глеевых горизонтах.

Такое изменение пластичности в глеевых горизонтах обусловлено в первую очередь их большей дисперсностью по сравнению с породой. По показателю консистенции J_L по СНиП II-15-74 пермские карбонатные глины относят к твердым-полутвердым, а остальные породы — к полутвердым. При оглеении они становятся туго- и мягкопластичными (табл. 17). Таким образом, глееобразование способствует повышению степени проявления пластических свойств глинистых почвообразующих пород.

Была предпринята попытка рассмотреть изменение реологических свойств основных тяжелых почвообразующих пород Нечерноземной зоны под влиянием оглеения (Зайдельман, Болатбекова, 1984). Анализировали образцы пород из пермских карбонатных, аллювиальных, ленточных моренных и лессовидных глин, а также образцы из глеевых горизонтов, сформированных на аналогичных по генезису и составу породах.

Глеевые горизонты по сравнению с породой обладают большей бингамовской пластичностью и меньшей пластической вязкостью η_m . Критерий способности пород с нарушенной структурой к деформационному поведению пластического типа — значение бингамовской пластичности P_{K_2}/η_m . Чем оно выше, тем резче выражена способность пород к внезапному разжижению. Показано, что наибольшая потенциальная способность к тиксотропному разжижению свойственна лессовидным отложениям. Пермские карбонатные, аллювиальные и моренные глины

17. Изменение пределов пластичности и консистенции глинистых почвообразующих пород при глееобразовании*

Порода	Горизонт	W _{II}			W _I	J _p	Консистенция пород	
		W _{II}		%			J _L	наименование
		массы						
Пермская карбонатная глина	Неоглеенная порода	41,5		22,3	20,2 ± 1,7	0,001	Твердая-полутвердая	
	Глей	48,1		22,2	25,9 ± 2,1	0,13	Полутвердая	
	Алювиальная глина	Неоглеенная порода	46,8		23,6	23,2 ± 2,4	0,18	”
Ленточная глина	Глей	57,1		26,8	29,4 ± 3,1	0,44	Тугопластичная	
	Неоглеенная порода	44,1		24,5	19,6 ± 0,9	0,13	Полутвердая	
	Глей	49,5		24,3	25,2 ± 2,7	0,26	Тугопластичная	
Кислая моренная глина	Неоглеенная порода	33,7		17,1	16,6 ± 0,3	0,24	Полутвердая	
	Глей	36,8		19,5	17,3 ± 0,5	0,60	Тугопластичная	
Лессовидная глина	Неоглеенная порода	37,0		20,0	17,0 ± 2,1	0,06	Полутвердая	
	Глей	39,5		20,1	19,5 ± 0,4	0,55	Мягкопластичная	

* W_{II} — верхний предел пластичности; W_I — нижний предел пластичности; J_p — число пластичности; J_L — показатель консистенции.

характеризуются относительной устойчивостью к тиксотропному разжижению. Что касается ленточных глин, то их способность к внезапному разжижению, вероятно, обусловлена плавунностью. При глееобразовании способность тяжелых почвообразующих пород к внезапному разжижению возрастает.

Характер реологических кривых, полученных при исследовании изменения скорости деформации паст почвообразующих пород под действием последовательно возрастающего напряжения, позволяет отнести пермские карбонатные глины к группе пород со смешанными (коагуляционно-цементационными) связями к упруго-пластичным (шведовским) системам, а аллювиальные, ленточные, моренные и лессовидные глины — к группе пород с коагуляционными и коагуляционно-цементационными структурными связями с пластично-вязкими (бингамовскими) свойствами. Под влиянием глееобразования все исследуемые породы проявляют пластично-вязкие свойства и относятся к группе пород с коагуляционными и коагуляционно-конденсационными связями, наблюдается усиление роли структурных связей коагуляционного типа. Под действием глееобразования способность почвообразующих пород к тиксотропному восстановлению нарушенной структуры снижается.

4.6. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ ПОЧВ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

Коэффициент фильтрации — важнейшая интегральная характеристика физических свойств почв. Именно поэтому его значения используют почти во всех расчетных зависимостях, связанных с проектированием основных параметров мелиоративных систем. Абсолютные значения K_f почв Нечерноземной зоны на объектах мелиорации определяются генезисом и гранулометрическим составом почвообразующих пород, типовой генетической принадлежностью почв, степенью их заболоченности. На основании рассмотренных ранее абсолютных значений K_f почв основных мелиоративных групп Нечерноземья (Зайдельман, 1985) можно сформулировать общие, наиболее существенные закономерности его изменчивости для почв этой зоны под влиянием прогрессирующего (в пространстве) заболачивания и осушения. Поскольку почвы наследуют свойства образующих их пород, такой анализ удобно выполнить для почв отдельных мелиоративных групп. Напомним, что под термином "мелиоративная группа" понимается общность однотипных почв, приуроченных к одним и тем же по генезису и составу материнским породам.

Почвы на легких (супесчано-песчаных) флювиогляциальных отложениях полесских ландшафтов отличаются нередко двучленным строением профиля. Верхний нанос этого комплекса обычно имеет мощность, равную не более 0,5...1,5 м. Он покоится на многометровой песчаной толще. Поверхностные горизонты таких почв поэтому имеют относительно невысокие значения K_f , которые колеблются в интервале 0,5...1,5 м/сут. Книзу K_f увеличивается до несколь-

ких метров в сутки, причем нередко *максимальные* абсолютные значения водопроницаемости (до 5...8 м/сут) наблюдаются в горизонтах редуцированного глея.

Таким образом, в легких почвах максимальные значения K_f можно обнаружить не в неоглеенных, а в интенсивно оглеенных редуцированных (G_r) горизонтах. Этот несколько неожиданный факт имеет достаточно простое объяснение. В толще редуцированного глея легких почв значения K_f в значительной мере определяются содержанием ила. В процессе почвообразования в рассматриваемом случае под влиянием глееобразования происходит несбалансированный вынос несиликатного железа. В иле легких почв на его долю приходится примерно 50 % оксида железа. Поэтому в условиях застойного режима в таких глеевых горизонтах интенсивное обезжелезнение почвенного мелкозема и вынос этого элемента грунтовым потоком или его аккумуляция в виде ортзанда и других новообразований наблюдаются в зоне аэрации непосредственно над зеркалом грунтовых вод. Мелкозем таких горизонтов образован преимущественно отмытыми зернами кварца, полевых шпатов и отличается высокой водопроницаемостью.

Ортзандовые горизонты представляют собой зоны неплотной железистой цементации с повышенной плотностью сложения ($1,6...1,7$ г/см³) и с пониженной фильтрацией. Их вертикальная водопроницаемость обычно ниже 1 м/сут. Как правило, они не являются абсолютными водоупорами, но часто обладают наиболее низкой фильтрацией по сравнению со всеми другими подпахотными горизонтами, поэтому могут лимитировать вертикальную миграцию влаги по профилю. При высоких концентрациях закиси железа в грунтовых водах в зонах оруднения, образованных рудняковыми горизонтами или железистыми корами (F), формируются плотные слои (плотность сложения до 2 г/см³), обладающие водоупорными свойствами (K_f менее 0,05 м/сут). При использовании почв с близко (до 60 см) залегающими от дневной поверхности ожелезненными горизонтами (ортзандами, рудьяками, железистыми корами) целесообразно при строительстве мелиоративных систем предусматривать их механическое разрушение.

В зоне распространения жестких гидрокарбонатно-кальциевых (магнелиевых) вод в зоне аэрации возможно вторичное накопление карбонатов этих двухвалентных металлов. Такие сцементированные луговой известью или луговым мергелем горизонты при высоком содержании карбонатов, равномерно заполняющих поры силикатного мелкозема, могут отличаться пониженной водопроницаемостью и приобретать признаки водоупора.

В Нечерноземной зоне широко представлены почвы на *двуученных породах*, верхний нанос которых образован легкими супесчано-песчаными флювиогляциальными отложениями различной мощности (обычно от 0,4...0,6 до 1,2...1,6 м). Последний подстилается тяжелыми четвертичными покровными, озерно-ледниковыми и наиболее часто моренными суглинками и глинами. На контакте этих пород обычно возникает осветленный (контактный оподзоленный), а при длительном

застое влаги — оглеенный (контактное оглеение) горизонт. Кроме того, на востоке зоны, в Предуралье, нижним членом таких отложений могут быть тяжелые дочетвертичные породы, например карбонатный глинистый элюво-делювий пермских красноцветов и др. Как правило, поверхностные слои тяжелых отложений отличаются невысокой водопроницаемостью; нередко они оказываются водоупором и обладают $K_f < 0,05$ м/сут. Минимальные значения фильтрации (0,005... 0,001 м/сут) второго (глинистого) слоя встречаются в двучленах на озерно-ледниковых породах (ленточные глины).

В отличие от ряда других групп почв Нечерноземья в почвах на двучленных отложениях при аналогичном или близком гранулометрическом составе не происходит достоверного изменения K_f при усилении степени гидроморфизма.

Коэффициенты фильтрации почв на суглинисто-глинистых *моренных, покровных и озерно-ледниковых* отложениях определяются прежде всего водопроницаемостью исходных почвообразующих пород. В этом случае почвы наследуют первичные значения их фильтрации. Наиболее отчетливо это проявляется в почвах на тяжелых породах, где под влиянием почвообразовательных процессов не происходит резкого изменения этого свойства. Отметим ряд специфических особенностей водопроницаемости почв на таких тяжелых породах.

В почвах на моренных отложениях неоднородность фильтрации может быть обусловлена, во-первых, различной степенью облессованности поверхностных горизонтов профиля и, во-вторых, инкрустацией тяжелого субстрата множеством мелких, резко отличных по гранулометрическому составу от основной массы мелкозема супесчано-песчаных или гравелистых включений. Последние нередко определяют значительную пестроту водопроницаемости как исходных пород, так и почв.

В каменистых суглинистых и глинистых моренных отложениях можно обнаружить горизонты с исключительно низкими значениями K_f ($< 0,001$), не свойственными горизонтам с аналогичным однородным составом некаменистого мелкозема. Это явление объясняется тем, что камни в мелкоземе резко снижают удельный объем фильтрующих пор. Поэтому одни и те же по гранулометрическому составу горизонты моренных отложений с разным содержанием камней могут существенно отличаться по значениям K_f .

Основное влияние на водопроницаемость почв на озерно-ледниковых отложениях оказывают их состав и текстура. Особенно отчетливо это проявляется на ленточных суглинках и глинах с тонко- и грубослоистой текстурой. В тонкослоистых отложениях мощность темных зимних и светлых летних слоев невелика и исчисляется миллиметрами. Как правило, они имеют весьма незначительные и близкие абсолютные значения вертикальной и горизонтальной фильтраций, т. е. в них не выражен отчетливо анизотропизм водопроницаемости. Напротив, в ленточных грубослоистых породах летние и зимние слои резко отличаются по своей мощности. Нередко летние светлые более легкие слои имеют значительную мощность, измеряемую сантиметрами. Горизон-

тальная фильтрация таких отложений значительно выше вертикальной. Этим породам и почвам обычно присущ отчетливый анизотропизм.

Однородная толща *лессовидных тяжелых покровных пород* (обычно тяжелосуглинистых или глинистых) отличается невысокими значениями K_f . В подпахотных горизонтах почвенного профиля их абсолютные величины существенно не меняются и обычно варьируют в узком интервале (0,01...0,05 м/сут). Почвы и породы отличаются весьма однородным гранулометрическим составом. Поэтому их K_f в вертикальном и горизонтальном направлениях обычно близки или равны независимо от степени заболоченности почв.

Изложенное в значительной мере относится и к K_f почв, развитых на аналогичных по генезису, но более легких по гранулометрическому составу почвообразующих породах. Здесь на начальных этапах оглеения резко усиливается лессиваж и происходит интенсивная кольматация иллювиальных горизонтов дерново-подзолистых почв, ниже которых залегают слои со значениями фильтрации, близкими к K_f почвообразующих пород. K_f иллювиальных горизонтов в неоглеенных, глубокооглеенных и реже в глееватых почвах уменьшается в 3...4 и более раза по сравнению с почвообразующей породой. По мере усиления заболачивания в результате длительного стояния верховодки близко к дневной поверхности (например, в глееватых и особенно в глеевых почвах) интенсивность лессиважа и кольматации в почвах на легких суглинках резко ослабевает и их профили обычно обладают весьма близкими K_f .

Наиболее контрастно уменьшение K_f под влиянием оглеения проявляется в суглинисто-глинистых крупнопористых почвах, в частности в *пойменных агрегированных тяжелых почвах*. Поэтому интересен анализ изменения K_f в однородных по гранулометрическому составу тяжелых дерновых зернистых почвах центральной и притеррасной пойм разной степени оглеения. Несмотря на глинистый состав, эти почвы обладают высокими и резко отличными значениями вертикальной и горизонтальной фильтраций. Их почвообразующая порода — тонкий слой наилка, остающийся на поверхности почв после каждого паводка, — обогащена кальцием и полуторными оксидами и активно переработана корневыми системами растений. Брожение органических остатков после спада паводка и интенсивное глееобразование, сопровождающее этот процесс, вызывают формирование в наилке множества крупных каверн. В них быстро проникают корни. Образующиеся при этом органические остатки, гуматы железа и кальция фиксируют структурные образования. Постепенно формируются тяжелые, хорошо агрегированные аккумуляции многослойного аллювия.

В автоморфных дерновых зернистых почвах вертикальная водопроницаемость, соответствующая K_f поверхности его горизонта, достигает 1...3 м/сут, а в более глубоких слоях глинистого состава — обычно 0,5...1,0 м/сут. С нарастанием оглеения происходит существенное уменьшение фильтрации. В глееватых и глеевых почвах коэффициент вертикальной фильтрации может уменьшиться в 4...6 раз и не превышать 0,2...0,3 м/сут. Вместе с тем в профиле сильнооглеенных дерновых зер-

нистых почв в горизонтальном направлении в верхней метровой толще могут сохраняться значительные K_f (0,4...0,8 и более м/сут). Наиболее высокие коэффициенты горизонтальной фильтрации были обнаружены нами в кислых бурых и темно-бурых дерновых зернистых глинистых почвах южной тайги (в частности, в пойме р. Клязьмы до 3...4 м/сут). Следует, однако, подчеркнуть, что столь высокие значения фильтрации свойственны тем глинистым горизонтам дерновых зернистых почв, в которых, несмотря на оглеение, сохраняется отчетливая водопрочная структура. При высушивании они легко распадаются на мелкие агрегаты. Вместе с тем при постоянном застое влаги нередко могут формироваться почвы со сплошными слитыми горизонтами редуцированного глея. Такие глеевые слои не обладают визуальной фиксируемой структурой; при разрушении они распадаются или ломаются на глыбы. В таких пойменных почвах K_f глеевых горизонтов могут оказаться весьма незначительными ($\leq 0,1$ м/сут).

Наряду с хорошо изученными процессами, сопровождающими заболачивание (глеобразование, оподзоливание, лессиваж, гидрогенная аккумуляция оксидов железа или карбонатов кальция и магния, цементация), следует подчеркнуть заметную роль биогенных факторов, влияющих на K_f гидроморфных почв. На почвах поверхностного заболачивания резкое увеличение K_f можно обнаружить в ареалах интенсивного развития хвоща лугового. Его корни формируют систему вертикальных глубоких каналов, резко увеличивающих K_f иллювиальных горизонтов профиля.

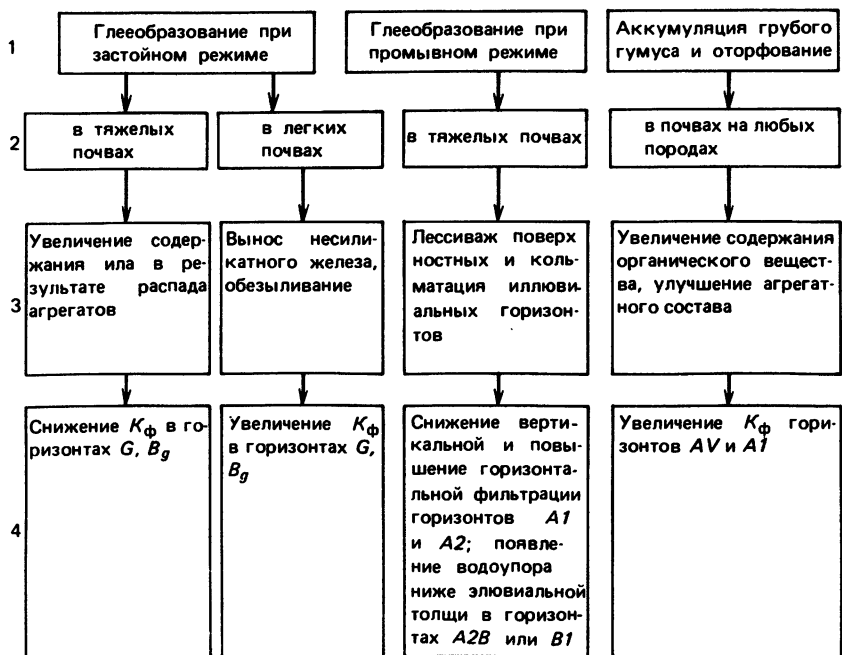
В условиях грунтового или грунтово-напорного водного питания ожелезненными водами вокруг корней растений нередко формируются крупные железистые трубчатые конкреции. Если эти трубки возникают в тяжелых почвах, то после отмирания корня они оказываются стабильными каналами, по которым вода может активно мигрировать в глубокие горизонты профиля. Наличие таких трубок может изменять K_f суглинистых или глинистых горизонтов на один-два порядка.

Принципиальные особенности изменения K_f минеральных почв под влиянием основных процессов, сопровождающих заболачивание, показаны на схеме 2.

Водопроницаемость *торфяных почв* обусловлена их ботаническим составом, степенью разложения и зольностью. Наибольшие значения K_f установлены в верхнем слое (очесе) олиготрофных и мезотрофных болот. Очес верховых болот обладает огромной водопроницаемостью (Иванов, 1953). Его K_f достигает 600 м/сут. Вместе с тем нижние горизонты торфяной залежи, образованные обычно плотным слабо разложившимся сфагнумовым торфом, в естественном состоянии имеют весьма незначительные K_f , позволяющие рассматривать их как водупорные горизонты. Поэтому на верховых болотах даже в естественном состоянии формируется поверхностный сток, который проходит по слою очеса.

В мелиоративном отношении наибольший интерес представляют

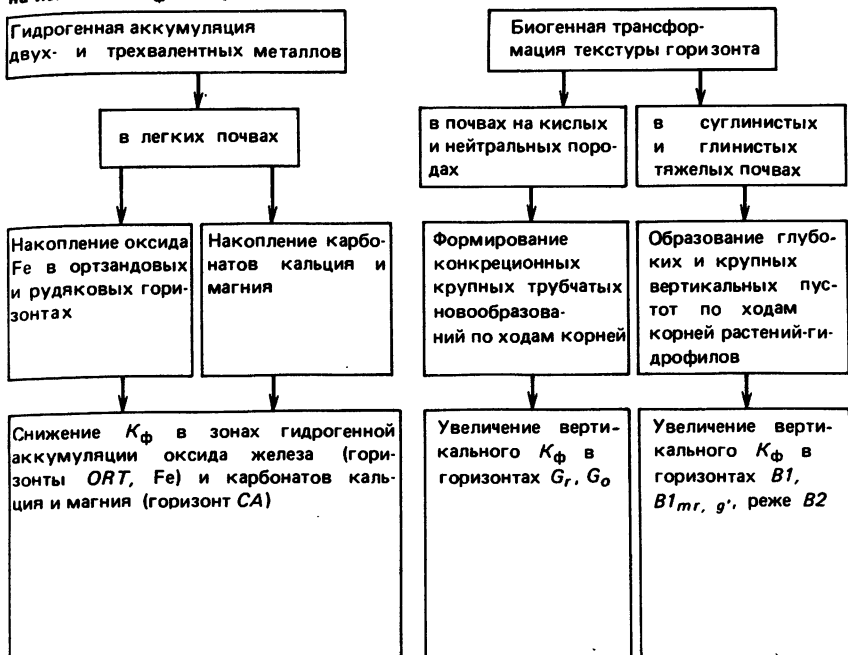
Влияние процессов, сопровождающих заболачивание,



1 — процесс, влияющий на значения K_{ϕ} ; 2 — гранулометрический состав на исходную почвообразующую породу; 4 — направленность изменения

значения K_{ϕ} торфяной залежи и торфяных почв низинных болот. Максимальная водопроницаемость в этом случае свойственна органо-генным почвам, приуроченным к древесной или древесно-травяной торфяным залежам. Благодаря наличию погребенной древесины эти торфы обладают высокой фильтрацией, обычно имеющей жильный характер. Значительной фильтрацией (несколько метров в сутки) отличаются тростниковые и камышовые торфа и сформированные на них торфяные почвы. Органо-генные почвы на осоковых и других травянистых торфах обычно обладают невысокой фильтрацией (менее 1 м/сут).

Следует обратить внимание и еще на одну особенность фильтрации болотных почв, свойственную маломощным органо-генным почвам на легких минеральных подстилающих породах. В них на контакте торфяного и подстилающего песчаного слоев нередко формируется относительно маломощный перегнойный горизонт, обогащенный органическими коллоидами. В профиле маломощных торфяных почв с высокой фильтрацией органо-генного и песчаного горизонтов этот перегнойный слой оказывается локальным водоупором и в ряде случаев может определять низкую вертикальную водопроницаемость профиля в целом и недостаточно эффективную работу дренажа.

на изменение K_f минеральных почв

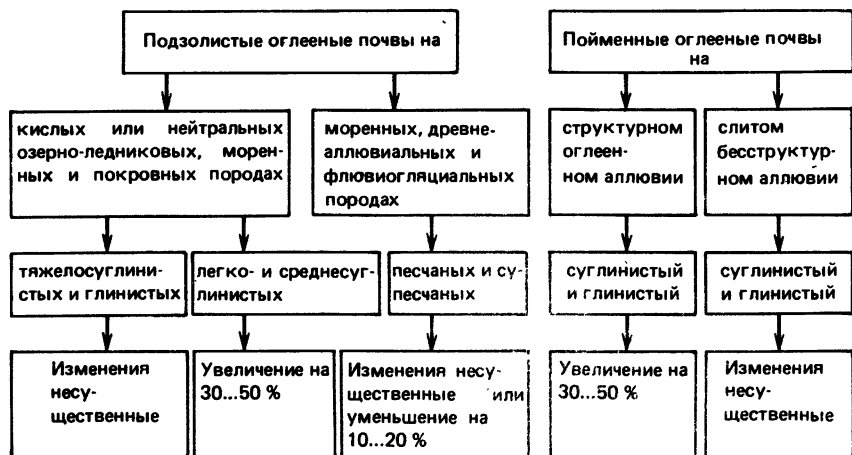
почв; 3 — проявления влияния процес-
 K_f в горизонтах почвенного профиля

4.7. ИЗМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ МИНЕРАЛЬНЫХ ОГЛЕЕННЫХ И ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДРЕНАЖА

Дренаж резко меняет водный режим, степень гидратированности коллоидов, вызывает усадку и растрескивание гидроморфных почв. Поэтому закономерна постановка вопроса о том, как меняется их водопроницаемость — основной параметр при расчете осушительных систем — под действием дренажа. Остановимся здесь на рассмотрении таких изменений K_f , которые обусловлены только непосредственным действием дренажа. Эти изменения оказываются весьма неоднозначными и определяются в основном генетическими факторами, гранулометрическим и минералогическим составом исходных пород.

В целом непосредственные экспериментальные данные по этому вопросу остаются очень ограниченными. Для почв западного региона Нечерноземья, преимущественно карбонатных или насыщенных, они были получены В. Миляускасом (1963), П. Б. Свиклис (1958), Е. Андрияускайте (1961), А. А. Зивертом (1961). В центре Нечерноземья, на северо-западе и на востоке такие исследования на тяжелых болотно-подзолистых и дерново-глеевых почвах были проведены Л. П. Розовым (1931), И. М. Кривоносовым (1952), а также автором совместно с

Изменение K_f минеральных оглеенных и торфяных почв под



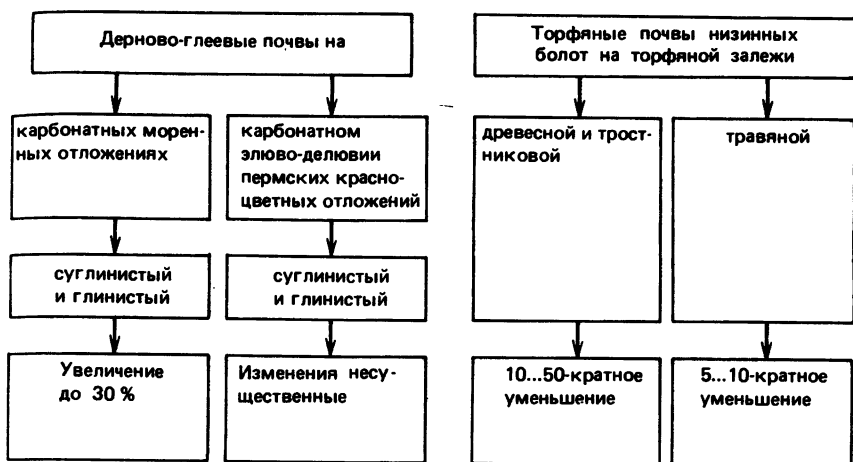
Приведены изменения K_f под влиянием дренажа без учета влияния на физические

В. А. Замыщким, И. В. Резниковым и др. Ряд оценок (например, на пойменных почвах) были получены нами по материалам изысканий проектно-изыскательских институтов. При анализе вторичных изменений K_f использованы также наблюдения L. Leyton, J. Jadav (1960), W. Schönenberg, P. Lorens (1962) и др. Данные этих публикаций и наши наблюдения обобщены в виде схемы 3. Ее рассмотрению необходимо предпослать следующее пояснение.

В тяжелых плотных почвах исходные значения K_f в толще 30...100 см, как правило, не превышают 0,01...0,001 м/сут, т. е. ниже 30 см горизонты почв обладали свойствами водоупоров. Поэтому даже при увеличении фильтрации в 2...3 раза их абсолютные величины остаются весьма незначительными, а горизонты профиля и после осушения устойчиво сохраняют свои водоупорные свойства. Поскольку изменение фильтрации на 200...300 % в этом случае практически не влияет на расчетные параметры дренажа (например, на междренные расстояния), применительно к таким почвам отмечено, что вторичные изменения K_f в результате осушения остаются несутрещественными.

Из схемы следует, что в зависимости от типа почв, их гранулометрического и минералогического состава после осушения могут происходить различные изменения K_f . В легких супесчано-песчаных почвах после осушения в результате консолидации элементарных зерен кварца, полевого шпата и других минералов, устранения раскливающего действия водных пленок происходят общее уплотнение всей толщи горизонтов выше вторичного уровня грунтовых вод и определенное уменьшение их K_f . Особо резкие уменьшения K_f (на 1...2 порядка) после осушения происходят в верхней толще органо-генных почв. Почвы болотно-подзолистого типа тяжелого гранулометри-

влиянием дренажа и сельскохозяйственного использования



свойства почв агромелиоративных и агрономических мероприятий.

ческого состава, а также некоторые пойменные почвы на слитых глеевых глинистых отложениях после осушения обладают практически такими же значениями K_f , что и в естественном состоянии.

Наиболее заметное повышение водопроницаемости после осушения наблюдается в крупнопористых почвах — кислых, нейтральных и карбонатных. В первых двух случаях это связано, вероятно, с известным агрегированием массы оглеенных горизонтов оксидом железа, а в последнем — со способностью карбонатных почв к интенсивному растрескиванию, фиксации гумуса в форме гуматов кальция и магния и с другими пока еще недостаточно ясными причинами.

5. ВОДНЫЙ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМЫ ГИДРОМОРФНЫХ ПОЧВ И ИХ ИЗМЕНЕНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ОСУШЕНИЯ. ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ И ОЦЕНКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ МЕЛИОРАЦИИ

Мелиоративные мероприятия, как правило, оказывают глубокое воздействие на водный режим почв. Поэтому, для того чтобы они гармонично сочетались с особенностями почвенного покрова, необходимо знать водный режим мелиорируемых почв в естественном состоянии и после осушения. Одна из наиболее ответственных и интересных задач мелиоративного почвоведения заключается в изучении их первичного и вторичного гидрологических режимов. Целесообразность его изучения, однако, не ограничивается только прикладными аспектами мелиорации и агрономического производства. Не менее актуальны в этом случае вопросы генезиса, классификации и диаг-

ностики почв, охраны окружающей среды, взаимодействия различных элементов ландшафта и другие вопросы. Таким образом, с гидрологией заболоченных почв связано решение важнейших вопросов современного теоретического почвоведения и практики. В прикладном отношении особое значение в настоящее время приобретают почвенно-гидрологические аспекты осушения заболоченных почв.

Устранение избыточного увлажнения обуславливает трансформацию водного режима и, как следствие, меняет теплоемкость и теплопроводность холодных заболоченных почв. Таким образом, рациональное осушение не только создает благоприятные условия для ведения агрономического и лесохозяйственного производства, но и изменяет термические условия почв, несколько увеличивает продолжительность вегетационного периода. Последнее особенно важно для земледелия в средней тайге и более высоких широтах. Существуют и другие причины интенсивного строительства и эксплуатации осушительных систем в Нечерноземье. Они связаны, в частности, с необходимостью ликвидации мелкоконтурности угодий и заболеваний растений, повышения проходимости сельскохозяйственной техники на современных полях, сокращения потерь энергии на обработку, с защитой почв от уплотнения и др. Поэтому сведения о гидротермическом режиме гидроморфных почв создают основу для их оценки как объекта мелиорации и сельскохозяйственного производства.

Следует подчеркнуть и еще один аспект рассматриваемой проблемы осушения заболоченных почв. Его основная функция заключается в удалении из профиля почв в критические фазы вегетации и сельскохозяйственного производства аккумуляции избыточной застойной влаги. Таким образом, осушение делает возможным само ведение сельскохозяйственного производства на ранее заболоченных почвах. В этом его основное предназначение, но, создавая условия для использования территории, оно, естественно, не может обеспечить всестороннюю оптимизацию гидротермического режима на протяжении всего хозяйственного цикла; реальная оптимизация в конечном итоге предполагает двустороннее регулирование гидрологического режима перенасыщенных почв. Последнее связано со значительными капитальными вложениями в строительство и эксплуатацию, которые окупаются пока в основном при возделывании овощных культур при использовании территории под пастбища. В настоящее время наиболее широкое распространение получило самотечное осушение, цель которого, как уже отмечалось, заключается в ликвидации периодов избыточного увлажнения и создании необходимых условий для ведения стабильного агропромышленного производства.

Выбор наиболее целесообразного способа мелиорации почв определяется особенностями их первичного и вторичного гидротермических режимов. При их анализе большое значение приобретает оценка почвенно-климатических особенностей, и, в частности, режим мерзлотных горизонтов. По этому признаку, в значительной мере отражающему зональную приуроченность, почвы Нечерноземья можно объединить

в три следующие группы: мерзлотные, длительно-сезонно-мерзлотные и кратковременно-мерзлотные.

К *мерзлотным* отнесены почвы, в которых на протяжении годового цикла в горизонтах профиля устойчиво сохраняется мерзлота. Если к началу вегетационного периода мерзлота исчезает, а корневая система яровых сельскохозяйственных культур на протяжении всего цикла развития находится в немерзлых слоях, то такие почвы относят к *кратковременно-мерзлотным*. Наконец, если мерзлота сохраняется на протяжении части вегетационного периода и исчезает к его окончанию, то эти почвы рассматривают как *длительно-сезонно-мерзлотные*. Очевидна зональность такого явления. Мерзлотные почвы приурочены к зонам тундры и лесотундры; длительно-сезонно-мерзлотные — к северной и частично к средней тайге; кратковременно-мерзлотные — к южной таежной подзоне и к зоне широколиственных лесов.

Все постоянно-мерзлотные почвы тундры и лесотундры в целом весьма близки по *принципиальным* особенностям гидрологического режима. Ниже летней границы максимального протаивания в таких почвах находится нетрешиноватый абсолютный мерзлотный водоупор, на котором аккумулируется весь объем талых поверхностных вод.

В тундре и лесотундре независимо от генезиса и состава пород в связи с близким к поверхности залеганием постоянно-мерзлотных горизонтов почти повсеместно единственным фактором заболачивания являются поверхностные воды. Почвообразующие породы и унаследованные от них физические свойства почв, как правило, не играют решающей роли в формировании принципиальных особенностей их гидротермического режима. В почвах разного генезиса высоких широт эти различия имеют скорее количественный характер и проявляются преимущественно в глубине протаивания почвенного профиля. Исключение в этом отношении представляют лишь почвы пойм северных рек.

В отличие от постоянно-мерзлотных почв тундры и лесотундры в кратковременно-мерзлотных почвах южнотаежной подзоны и широколиственной зоны мерзлоту в почвенном профиле можно обнаружить лишь в самом начале теплого периода. Здесь почвообразующие породы (и рельеф) приобретают решающее значение в формировании водного режима почвенного покрова. Промежуточное положение занимают почвы северной и части средней тайги. В их профиле в теплый период длительно сохраняются мерзлотные горизонты, а в торфяных почвах после осушения возможна смена длительно-сезонно-мерзлотных горизонтов постоянно-мерзлотными ("перелетками").

5.1. ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОСУШЕННЫХ ПОСТОЯННО-МЕРЗЛОТНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВ ТУНДРЫ

В экстремальных климатических условиях тундры и лесотундры лишь некоторые минеральные гидроморфные почвы могут быть вовлечены в сельскохозяйственное производство после осушения. Как правило, это почвы пойм или термокарсто-

вых депрессий (аласов). Сведения о свойствах и режимах таких территорий весьма ограничены или отсутствуют вообще. Вместе с тем эти почвы резко отличаются от мерзлотных тундры и представляют особое значение для локального земледелия в открытом "грунте" в высоких широтах. В последние годы такие почвы стали объектом многих исследований. Однако сведения об их гидротермическом режиме пока остаются весьма ограниченными. Поэтому ниже приведены результаты исследований гидротермического режима осушаемых почв Анадырской тундры, проведенных в 1984–1986 гг. (Зайдельман, Сороковиков, Агарков, Волкова, Шаповалов, 1989).

Исследовали заболоченные почвы термокарстовых депрессий (аласов) в ареалах озер Александра, Верхнее и Нижнее. С помощью открытых каналов эти озера были осушены, а на их днищах сформировались арктофилые луга, используемые местными хозяйствами как продуктивные сенокосные угодья.

Аласы представляют собой эндемичные элементы тундрового ландшафта. В естественном состоянии вся или основная часть термокарстовой депрессии покрыта водой и является мелководным проточным или замкнутым озером. В результате абразии берегов этих озер и поступления вод снегового паводка с водосборной площади тундры ежегодно на дне таких озер оседает мелкозем, обогащенный органическим веществом. Пылеватые слоистые суглинистые или глинистые минеральные седименты с повышенным содержанием органики оказываются благоприятным субстратом для формирования на них почв после естественного или антропогенного спуска озер. Естественное осушение происходит в результате миграции русла рек и эрозии борта аласа. Озеро сбрасывается в речную сеть. Осушенное дно озера быстро зарастает естественной луговой растительностью. Это замечательное природное явление было затем использовано местным населением в хозяйственных целях.

Первое упоминание о генезисе озер аласов и их естественном осушении, по-видимому, принадлежит А. Миддендорфу (1867), который отметил возможность создания лугов на осушенных "днищах тундровых озер". Территория термокарста, освободившаяся после осушения, благоприятна для использования еще и потому, что эти западины (~ 3...4 м ниже поверхности тундры) отличаются более благоприятным, чем тундра, микроклиматом и выровненной поверхностью (Томирдиаро, 1978). Впервые в отечественной практике мелиорации на Чукотке в 1969 г. по предложению Н. А. Шило были осушены озера термокарстового происхождения в долине р. Анадырь — Гагарье, Песчаное и Великое. Позднее, в начале 80-х годов, были выполнены мелиоративные работы по созданию лугов в термокарстовых депрессиях озер Верхнее, Нижнее и Александра.

Следует подчеркнуть одну замечательную особенность естественной эволюции растительного покрова осушенных ареалов аласов. Осушение сопровождается быстрым самозалужением территории за счет прорастания семян трав, покоявшихся в поверхностных слоях почвы много сотен и тысяч лет. При этом на днищах осушенных озер проис-

ходит закономерная смена растительных ассоциаций. М. И. Татарченков и А. Т. Швирст (1981) выделяют четыре основные фазы "озерного" луга. Первая — крестовниковая, которая возникает в первые 2...3 года. Крестовник арктический (*Senecto arcticus* Rupr.) — ценная силосная культура. Через 2 года крестовник замещается арктофилой рыжеватой (*Arctofila fulva* Anderss.). Вторая фаза луга — арктофиловая. Арктофиловые луга хорошо развиваются на слабообводненных территориях. Такие луга — наиболее ценные в хозяйственном отношении уголья, которые дают основную массу товарного сена. Они сохраняются 4...6 лет и затем замещаются осоково-злаковыми лугами (третья фаза). В составе этой ассоциации, кроме осоки, вейник Лангсдорфа (*Calamagrostis langsdorfii* Trin.) и арктогностис широколистственный (*Arctagrostis latifolia* Griseb.). Затем поверхность луга постепенно покрывается мхами; поселяются устойчивые низкопродуктивные осоко-пушицевые ассоциации. Подобные сукцессии начинаются преимущественно на дерновых слоистых мерзлотных почвах.

Наши исследования носили сравнительный характер. Предпринималась попытка установить отличия гидротермического режима молодых дерновых слоистых почв на слоистых донных седиментах суглинистого и глинистого состава термокарстовых депрессий и тундровой торфянисто-глеевой почвы. Гранулометрический состав этих почв приведен в таблице 18.

Одна из наиболее интересных особенностей рассматриваемых осушаемых почв аласов заключается в том, что в их профиле содержится значительное количество слабогумифицированного органического вещества. Его распределение в слоистых глинистых почвах аласов однородно; в тундровых почвах максимум органического материала сосредоточен в поверхностных горизонтах профиля (табл. 19).

Полученные данные свидетельствуют о резкой дифференциации профиля тундровых почв, относительно однородной и невысокой ($0,7...0,9$ г/см³) плотности сложения дерновых слоистых почв аласов (табл. 20). Последнее объясняется особенностями их генезиса и высоким содержанием органического вещества. Дерновые слоистые почвы аласов в отличие от тундровых обладают высокой и однородной (55...70 %) по профилю порозностью (табл. 21), стабильной и благоприятной воздухоносной порозностью (10...14 %) и водоотдачей ($K_v = 0,1...0,15$). С этим связана и их высокая водопроницаемость — $K_f = 2...3$ м/сут (по методу Хануса).

Почвы аласов обладают и еще одной своеобразной особенностью. Их увлажнение сопровождается не набуханием и увеличением объема, а напротив — его уменьшением. Сжатие образцов происходит во всех горизонтах профиля и составляет 6...22 %. Этот эффект можно, по-видимому, объединить высоким содержанием негумифицированного органического вещества во всех слоях почвенного профиля и его усадкой после увлажнения.

В условиях Крайнего Севера тепло, поступающее в почву, расходуется иначе, чем в других зонах страны вне области многолетней мерзлоты. Если в последнем случае основная часть теплового потока в почве

18. Гранулометрический состав мерзлотных почв тундры и почв на донных седиментах осушенных термокарстовых озер Чукотки, % (метод Н. А. Качинского)

Объект	Почва	Глубина, см	Размер фракций, мм						Сумма фракций < 0,01 мм
			1...0,25	0,25...0,05	0,05...0,01	0,01...0,005	0,005...0,001	< 0,001	
Тундра	Торфянисто-глеевая	10...15	2,7	18,0	33,7	10,3	19,7	13,8	45,7
		15...30	0,3	27,8	25,2	7,6	14,6	23,3	46,6
Алас оз. Алек-сандра	Слоистая торфянисто-глеевая	3...13	0,5	0,6	25,1	16,3	29,7	26,9	73,9
		13...16	0,8	4,1	25,6	17,4	21,8	29,3	69,5
		16...30	0,6	2,1	34,0	18,1	16,3	28,0	63,4
	Слоистая слабо-отлеенная	30...65	0,3	0,4	32,2	8,7	25,8	32,7	67,2
		2...17	0,1	—	37,2	18,0	17,2	27,7	63,9
		17...42	0,1	7,0	22,6	22,5	16,9	29,6	70,3
Поверхностно-глеевая	отлеенная	42...80	0,1	2,2	20,9	20,0	23,6	32,5	76,9
		1...6	0,3	10,0	68,8	10,0	5,1	5,9	22,1
	Поверхностно-глеевая	6...26	0,1	10,8	85,0	1,3	—	2,9	4,2
		26...80	0,4	24,6	71,4	3,5	—	2,2	5,6

19. Содержание органического вещества и кислотность почв тундры и почв на донных осадках осушенных термокарстовых озер Чукотки

Объект	Почва	Глубина, см	pH		Гидролитическая кислотность, мг · экв/100 г почвы	Сорг, %	Органическое вещество, %	Потери при прокаливании, %
			H ₂ O	KCl				
Тундра	Торфянисто-глеевая	0...10	4,70	3,55	—	—	—	81,3
		10...15	5,37	4,00	—	16,36	28,20	30,8
		15...30	5,33	4,05	—	5,29	9,12	10,1
Алас озера Александра	Слоистая слабо-отлеенная	2...17	4,97	3,74	17,5	7,04	12,14	13,3
		17...42	4,94	4,50	17,5	8,51	14,67	15,9
		42...80	5,08	3,64	18,2	6,53	11,26	12,4
Алас озера Верхнее	Слоистая слабо-отлеенная	2...6	5,43	3,92	15,6	7,55	13,02	16,9
		6...17	5,74	3,95	14,6	10,93	18,83	18,5
		17...30	5,67	3,93	14,7	9,51	16,40	19,6
		30...55	5,66	4,11	14,3	10,73	18,50	20,0
		55...80	5,22	3,92	13,4	10,31	17,77	21,6

20. Плотность сложения (числитель) и плотность (знаменатель) почв тундры и почв на донных отложениях осушенных термокарстовых озер Чукотки, г/см³

Глубина, см	Тундровая торфянисто-глее- вая почва	Дерновые слоистые слабооглеенные почвы осушенных термокарстовых депрессий озер		
		Александра	Верхнее	Нижнее
0...5	0,08/1,66	0,87/2,40	0,68/2,34	0,67/2,28
5...10	0,08/1,66	0,87/2,40	0,68/2,30	0,67/2,28
10...15	0,42/2,25	0,89/2,40	0,76/2,30	0,76/2,26
15...20	1,25/2,48	0,89/2,40	0,76/2,30	0,76/2,26
20...30	1,25/2,48	0,92/2,40	0,84/2,30	0,85/2,24
30...40	Не определяли	0,92/2,40	0,88/2,31	0,85/2,24
40...50	" "	1,09/2,46	0,88/2,31	0,87/2,23
50...60	" "	1,09/2,46	0,88/2,30	0,87/2,23
60...70	" "	1,10/2,46	0,88/2,30	0,87/2,23
70...80	" "	1,10/2,46		Не определяли

21. Порозность и предельная полевая влагемкость почв тундры и почв на донных седиментах осушенных термокарстовых депрессий озера Чукотки*

Глубина, см	Тундровая торфянисто-глебовая почва				Дерновые слоистые слабооглеенные почвы осушенных термокарстовых депрессий озера			
	Александра				Верхнее			
	Робщ	ППВ	Рвозд	Робщ	ППВ	Рвозд	Робщ	ППВ
0...5	95,2	21,3	73,9	63,8	52,7	11,1	70,9	59,0
5...10	95,2	46,8	48,4	63,8	52,7	11,1	70,4	58,6
10...20	65,5	56,8	8,7	62,9	49,4	13,5	67,0	53,2
20...30	49,6	46,3	3,3	61,7	49,6	12,1	63,5	54,0
30...40	Не определяли				61,7	49,7	12,0	61,9
40...50	" "				56,9	45,5	11,4	61,9
50...60	" "				55,7	45,5	10,2	61,7
60...70	" "				55,3	45,5	9,8	61,7
70...80	" "				55,3	45,5	9,8	50,2
					Не определяли			
								11,5
								10,0
								49,7
								57,3
								13,3
								11,8
								56,7
								13,9
								55,1
								11,3
								50,6
								11,5
								12,4
								49,0
								12,0
								49,0
								12,0

* Робщ — общая порозность, %, ППВ — влажность, равная предельной полевой влагемкости, % объема почвы, Рвозд — воздушная порозность при влажности, равной ППВ

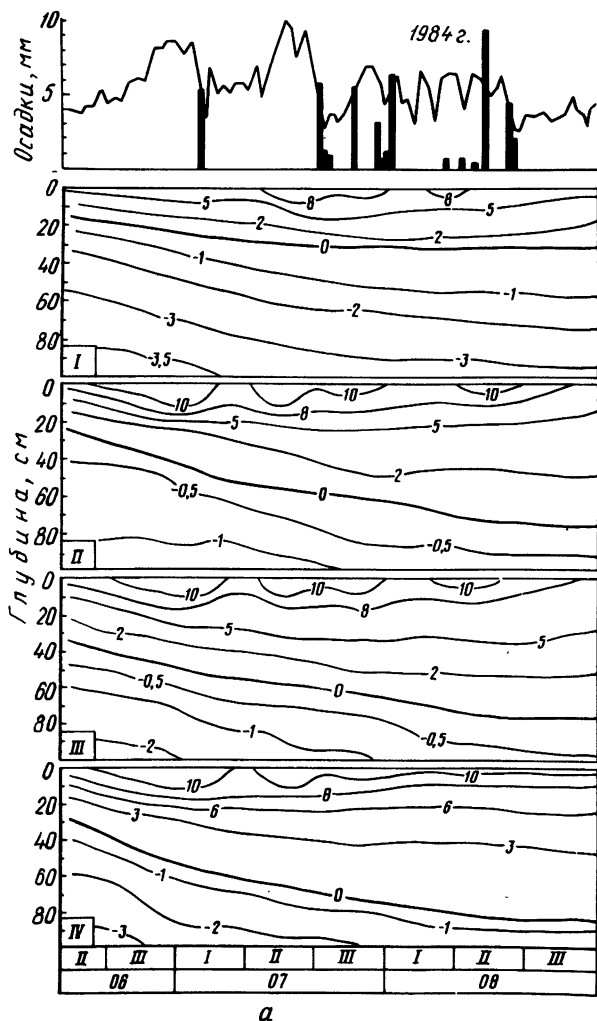
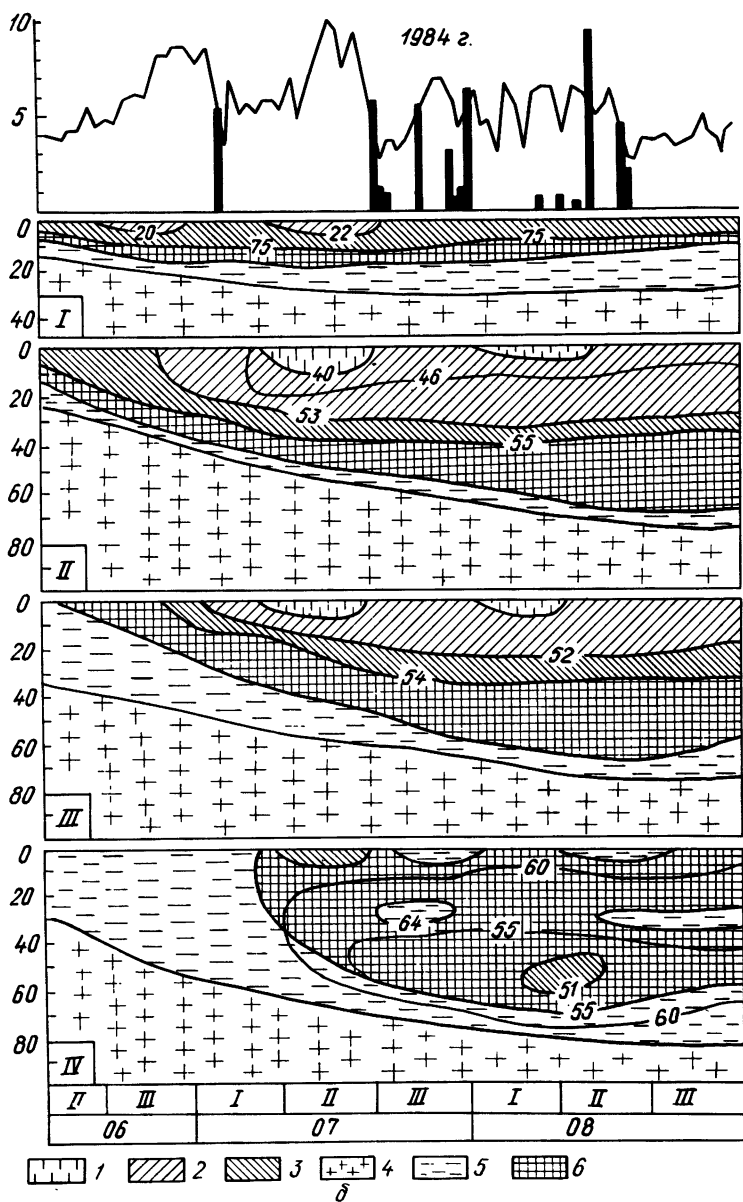


Рис. 5.1. Температурный режим почв тундры и почв на донных отложениях осу-
 °С, и глубины протаивания (а). Основные элементы водного режима почв тундры
 озер (б). (Здесь и далее влажность – в хроноизоплотах, % объема почвы, и в ка-

I – предельная полевая влагемкость (ППВ)... – 0,05 ППВ; 2 – ППВ... $\pm 0,05$ ППВ; 3 –
 злота; почвы: I – тундровая торфянисто-глеявая тяжелосуглинистая; II – дерново-
 ново-слоистая слабооглеенная на тяжелосуглинистых отложениях оз. Нижнее; IV –



шенных термокарстовых озер Анадырской тундры. Хроноизоплеты температур, и дерново-слоистых почв на донных отложениях осушенных термокарстовых тегориях). Категории влажности:

ППВ+0,05 ППВ... 0,9 ПВ (полной влагоемкости); 4-0,9 ПВ...ПВ; 5-ПВ; 6-мер-слоистая слабооглеенная на легкоглинистых отложениях оз. Вёрхнее; III - дер-дерново-слоистая слабоглееватая на легкоглинистых отложениях оз. Александра

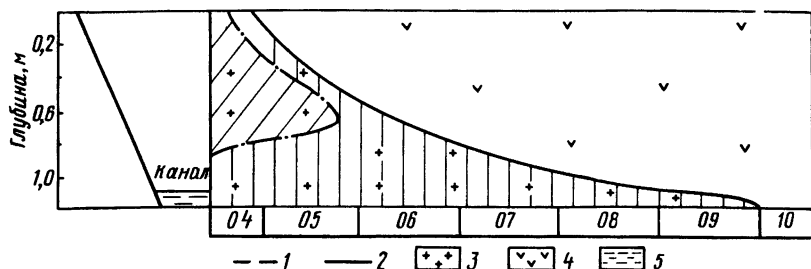


Рис. 5.2. Формирование вторичного мерзлотного горизонта в осушенных торфяных почвах долины р. Б. Инта (по В. Л. Кочетковой) :

1, 2 – контуры соответственно первичного и вторичного мерзлотных горизонтов; 3 – мерзлый торфяной горизонт; 4 – талый торфяной горизонт; 5 – уровень воды в канале в межени

идет только на нагревание ее малого слоя, то в зоне многолетней мерзлоты значительная часть тепла используется на разморозание и прогревание сезонно-протаивающего и многолетне-мерзлотного слоев. Вместе с тем индивидуальные особенности почвообразования могут определять и весьма заметные различия гидротермического режима почв высоких широт. Так, в теплый период года почвы тундры и аласов существенно различаются по своему режиму (рис. 5.1, 5.2). Различия обусловлены тем, что весной на поверхности осушаемого днища аласа аккумулируется значительный объем теплой воды. В это же время поверхность почв тундры полностью освобождается от обводнения. Оттаивание тундровых почв происходит весьма замедленно из-за высокой теплоемкости и низкой теплопроводности оторфованных горизонтов. Максимальная глубина их протаивания к концу вегетации не превышает 25...30 см.

В аласах на неотторфованных почвах под действием длительно сохраняющегося на поверхности теплого слоя воды происходит интенсивное разрушение мерзлоты. К концу июля почва протаивает на глубину до 0,8...0,9 м. В этой толще до конца сентября сохраняется положительная температура.

Прогревание верхних слоев почвы и ход температуры в них находятся в тесной связи с температурой воздуха. Так, со второй половины июля 1984 г. в корнеобитаемом слое мерзлотных слоистых почв аласов установилась положительная температура. В слое 0...20 см она достигла 6...10 °С. В средние по осадкам годы во второй половине лета в период максимального оттаивания температура воздуха стабильно удерживалась на этом же уровне, но заметно снижалась (до 3...7 °С) в более холодные и влажные годы.

В контрастные по погодным условиям годы (1984 – сухой, 1986 – влажный) обнаружена одна общая особенность водного режима почв тундры и аласов. На контакте мерзлоты и талых слоев формируется слой, имеющий стабильную влажность, равную полной влагоемкости. Вся эта толща, достигающая в слоистых почвах аласов мощности 50...

60 см, остается заполненной влагой до середины июля. Позднее влажность снижается до ППВ...ПВ. Однако периодически выпадающие осадки вызвали полное обводнение поверхностных слоев профиля. На таком уровне влажность почвы устойчиво удерживалась в течение второй половины июля и в августе.

В сырые годы снижение влажности до 0,9 ПВ...ПВ наблюдалось лишь на протяжении только одного, наиболее сухого месяца (вторая половина июля — первая половина августа).

В отличие от слоистых почв аласов в торфяно-глеевых почвах тундры гидротермический режим оказался весьма монотонным независимо от влажности года. Видимые изменения наблюдаются лишь в верхней маломощной талой толще (25...28 см), залегающей на многолетней мерзлоте.

В агроэкологическом отношении существенно то, что гидротермический режим мерзлотных слоистых почв аласов оказался весьма благоприятным для возделывания наиболее ценного лугового злака — арктофилы рыжеватой. Глубокое (до 80...90 см) протаивание, раннелетнее обводнение и высокая влажность всех слоев почвенного профиля создают наиболее благоприятные условия для ускоренного роста и развития этого злака (табл. 22).

22. Продуктивность травянистой растительности на мерзлотных слоистых глинистых и поверхностно-глеевых супесчано-песчаных осушаемых почвах аласов Чукотки (1984 г.), т/га

Наименование аласа	Почва	Увлажнение поверхности почвы	Биомасса	Урожайность сена, т/га
Оз. Александра	Слоистая слабооглеенная глинистая	Слой воды до 10 см на поверхности	22,0	4,88
		Незатопленная с поверхности влажная почва	15,2	3,37
		Сухая почва	8,8	1,95
		Сухая почва на прошлогодней колее	7,4	
	Поверхностно-глеевая супесчано-песчаная*	Сухая почва	1,1	0,25
Оз. Верхнее	Слоистая слабооглеенная глинистая	Незатопленная с поверхности влажная почва	21,3	4,73
		Сухая почва	13,5	3,01
Оз. Нижнее	То же	Незатопленная с поверхности влажная почва	20,0	4,44
		Сухая почва	15,9	3,53

* Поверхностно-глеевая супесчано-песчаная почва — широко распространенная группа почв аласов, отличающаяся легким механическим составом, низким содержанием органического вещества и элементов питания растений, неблагоприятным водным режимом и низким плодородием.

Важнейший фактор быстрого формирования высокого урожая трав и других культур в условиях Крайнего Севера — круглосуточный световой день, определяющий возможность непрерывного фотосинтеза. Наибольшей продуктивностью отличались ассоциации арктофилы на мерзлых слоистых почвах аласов в ареалах, покрытых слоем воды до 10 см. Последнее подтверждает справедливость более ранних наблюдений, выполненных другими авторами. Перед уборкой урожая слой воды следует удалить для обеспечения необходимых условий работы техники и сушки сена.

В таких условиях, по нашим данным, формируется максимальный урожай сена — 4,9 т/га при лучшем состоянии растений (высокий — до 1,3 м — ровный травостой, хорошая облиственность). С уменьшением длительности и слоя затопления урожай трав падает до 3,4 т/га на увлажненных и до 2,0 т/га на сухих участках.

Таким образом, рассмотренные данные показывают, что после осушения почвы на донных седиментах термокарстовых озер формируются в условиях весьма благоприятного гидротермического режима. Казалось бы, складывается необходимая обстановка для организации продуктивного лугового хозяйства. И все же, несмотря на очевидную простоту сброса озер и хозяйственную целесообразность осушения приморских аласов, эта проблема в целом представляется в настоящее время достаточно комплексной и нерешенной.

Далеко не все аласы целесообразно осваивать в сельскохозяйственном производстве по следующим причинам. Во-первых, проточные аласы и их мелководные озера часто являются нерестилищами ценных пород рыб. Их ликвидация поведет к сокращению поголовья рыбного стада или исчезновению тех или иных видов. Поэтому спуск и осушение днищ озер аласов могут оказаться нецелесообразными мероприятиями в экологическом и экономическом отношении. Во-вторых, донные седименты озер термокарстовых депрессий неоднородны по своему составу. Наряду с суглинистыми и глинистыми слоистыми отложениями, на которых в последующем могут формироваться плодородные дерновые слоистые почвы, здесь нередки легкие отложения. На последних затем формируются поверхностно-глеевые неплодородные или малоплодородные супесчано-песчаные почвы. Сброс озер и осушение территории с последующим формированием таких почв, очевидно, мероприятия не оправданные ни в хозяйственном, ни в природоохранном отношении. Поэтому по каждому термокарстовому озеру прежде, чем рассматривать вопрос о его сбросе и осушении днища, необходимо составлять детальную карту донных седиментов, которые в дальнейшем становятся почвообразующей породой. В настоящее время такие изыскания, к сожалению, не предусмотрены.

Вместе с тем если на легких субстратах будет допущено возникновение поверхностно-глеевых легких почв, то в их ареалах не удастся создать продуктивные луга. В-третьих, пока установлены закономерности естественных сукцессий, приводящих в конечном итоге к формированию малопродуктивных осоково-моховых ассо-

циаций. Но эффективная и надежная система длительного поддержания высокой продуктивности осушенных лугов остается недостаточно разработанной и нуждается в совершенствовании.

Таковы лимитирующие почвенно-экологические факторы, связанные с объективной оценкой целесообразности осушения и сельскохозяйственного использования затопленных территорий аласов приморских районов тундры.

5.2. ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ, СВОЙСТВА И ОСОБЕННОСТИ МЕЛИОРАЦИИ МЕРЗЛОТНЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

В Советском Союзе торфяные почвы занимают огромную территорию. Их разведанная площадь составляет около 80...85 млн га, а прогнозная — свыше 100 млн га. В различных климатических, гидрогеологических и гидрохимических условиях возникают болотные почвы, резко отличные по своим физическим и химическим свойствам, водному и температурному режиму, эффективному плодородию. Основные площади болотных почв приурочены к Нечерноземной зоне. Их ареалы распространены преимущественно в высоких широтах европейской части страны, а также на обширных пространствах лесной зоны Западной и Восточной Сибири, Дальнего Северо-Востока.

В этих регионах с коротким вегетационным периодом, продолжительным или круглосуточным световым днем в основном формируются торфяные постоянно- или длительно-сезонно-мерзлотные почвы. Мерзлотные горизонты в таких случаях могут быть первичными или вторичными, возникающими в результате их осушения, снижения теплоемкости и температуропроводности. В результате всем этим почвам свойственны пониженная биологическая активность, низкие темпы разложения органического вещества, двучленность профиля (надмерзлотный талый и мерзлотный органогенный горизонты). После осушения на таких почвах актуальной задачей в весенне-раннелетний периоды часто оказывается ускорение сброса поверхностных вод снегового паводка, а летом в условиях резко континентального климата при возделывании трав (особенно в Восточной Сибири, на Дальнем Северо-Востоке и в ряде других регионов) — дополнительное увлажнение (обычно дождеванием).

В последние десятилетия накоплены определенные данные, отражающие свойства, режимы мерзлотных органогенных почв и приемы их мелиорации. Они отличаются по понятным причинам известной неполнотой, однако обобщение таких сведений позволяет уточнить особенности этой своеобразной группы почв как малоизвестного, но весьма актуального объекта мелиорации в настоящее время и в ближайшем будущем.

Север европейской территории. В высоких широтах тундры и лесотундры органогенные почвы европейской части страны практически не используются в сельском хозяйстве. Это обусловлено огромным запасом холода в преимущественно маломощных торфяных почвах, коротким и прохладным летом, незначительным протаиванием по-

верхностных горизонтов. Лишь в некоторых районах Кольского полуострова, испытывающего локальное влияние теплого течения Гольфстрим, была успешно выполнена мелиорация органогенных почв. В целом, однако, зона эффективного применения мелиорации для вовлечения в сельскохозяйственное производство торфяных почв приурочена к северной тайге и более южным регионам.

Исследования гидротермического режима таких почв были приняты В. Л. Кочетковой (1968) под руководством И. Н. Скрынниковой в связи с мелиорацией торфяных почв долины р. Большая Инта. Исследуемая территория расположена в крайне северной тайге восточной части европейской территории страны в 60 км южнее Северного полярного круга. Средняя температура июля $+14,1^{\circ}\text{C}$, января и февраля $-17,3$ и $-18,3^{\circ}\text{C}$. Годовая сумма осадков 476 мм, испарение 150 мм. Район исследования, по определению М. И. Сумгина (1931), относится к области распространения "вечной" мерзлоты островного типа. В болотах с равнинным рельефом мерзлота отсутствует. После осушения она появляется и длительно сохраняется в почвенном профиле. Нередко наблюдаются мерзлотные горизонты — "перелетки" и формирование постоянно-мерзлотного горизонта. В. Л. Кочетковой был изучен гидротермический режим целинных и освоенных вторично-мерзлотных торфяных почв верхового, низинного типов, а также вторично-мерзлотных переходных иловато-торфяных почв. Освоенные почвы осушены системой открытых каналов ($E = 20, 30$ м). Осушение и освоение уменьшают влагоемкость торфяных почв в слоях 0...10 и 10...20 мм.

В условиях крайней северной тайги Коми АССР в течение вегетационного периода сумма температур выше 10°C на освоенных торфяных почвах оказалась меньше, чем на целинных. Последнее объясняется уменьшением теплопроводности торфяных горизонтов в результате осушения (табл. 23).

23. Сумма температур выше 10°C целинных и освоенных торфяных почв крайней северной тайги Коми АССР (В. Л. Кочеткова, 1966)

Тип торфяной почвы, ее состояние	Сумма температур почвы выше 10°C		
	1958 г.	1959 г.	1960 г.
Верховой, целина	550	970	680
Вторично-мерзлотный* верховой, освоенная	300	700	330
Низинный, целина	570	1040	950
Вторично-мерзлотный низинный, освоенная	450	925	600
Вторично-мерзлотный переходный, иловато-торфяная освоенная	830	970	575

* Вторично-мерзлотные — освоенные почвы, в которых после осушения появляется горизонт многолетней мерзлоты.

На целинных сильнообводненных почвах, как показали исследования В. Л. Кочетковой, уровень грунтовых вод колеблется в первом

полуметре, а мерзлота полностью исчезает в начале лета. Напротив, на освоенных почвах при отсутствии надмерзлотной верховодки мерзлота сохраняется на протяжении всего вегетационного периода на глубине 60...70 см; торфяные почвы из сезонно-мерзлотных превращаются во вторично-мерзлотные (см. рис. 5.2). Изучение водного режима свидетельствует, что все целинные торфяные почвы в течение всего теплого периода находятся в сильно переувлажненном состоянии. Сезонные изменения влажности почв верхового и низинного типов можно проследить в слоях 0...20 и 0...40 см. Ниже влажность почвы равна полной влагоемкости.

После мелиорации профиль почвы подразделяется на две гидрологические зоны: верхнюю надмерзлотную (от поверхности до глубины 60...70 см, где наблюдаются сезонные колебания влажности) и мерзлотную. В первой зоне возможно распространение корневых систем растений. Во второй влага находится в инертном твердом состоянии. Существенно, что в профиле рассматриваемых почв отсутствует надмерзлотная верховодка. Это, по-видимому, связано, с медленным оттаиванием мерзлоты (4...5 см в декаду), в процессе которого гравитационная влага расходуется на эвапотранспирацию и капиллярное рассасывание. В таких вторичных гидрологических условиях были получены относительно высокие урожаи трав (табл. 24). На холодных торфяных почвах особое значение приобретает внесение минеральных азотных и фосфорных удобрений, а также биологически активного навоза (табл. 25).

24. Урожай зеленой массы овса на осушенных вторично-мерзлотных торфяных почвах, т/га (В. Л. Кочеткова, 1966)

Тип торфяной почвы	1959 г.	1960 г.
Верховой	5,7	7,0
Низинный	7,4	8,5
Переходный (илловато-торфяная)	15,7	13,0

25. Влияние органических и минеральных удобрений на урожайность овса на вторично-мерзлотной иловато-торфяной почве (В. Л. Кочеткова, 1966)

Вариант опыта	Урожайность зеленой массы, т/га	Прибавка к урожаю, %
Контроль	2,2	100
N ₄₀	4,8	218
N ₄₀ P ₁₀₀	5,1	227
N ₄₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	3,0	136
Навоз (50 т/га), N ₄₀ , P ₁₀₀	9,4	422
Известь	2,7	123

Более высокие урожаи на высокозольной заиленной переходной иловато-глеевой почве показывают важное значение минеральных добавок в поверхностные горизонты профиля. Из приведенных данных

следует, что они практически в два раза увеличивают урожай трав. Поэтому пескование и особенно, по-видимому, глинование в этих условиях следует рассматривать как обязательные и весьма эффективные агромелиоративные мероприятия культуры болот севера.

В исследовании В. Л. Кочетковой наибольшая прибавка урожая наблюдалась при одновременном внесении органических и минеральных удобрений в сочетании с прикатыванием, ранним внесением навоза и пескованием. Эти мероприятия способствуют лучшему прогреванию почвы. В частности, они ликвидируют "воздушную подушку" в подпахотном и пахотном слоях осушенных торфяных почв.

В заключение следует подчеркнуть, что, несмотря на ухудшение температурного режима, осушение повышает плодородие органогенных почв и они становятся хорошим субстратом для создания лугов и сенокосов в крайне неблагоприятных для сельского хозяйства условиях северной тайги.

Север азиатской территории. Опыт осушения органогенных почв северной тайги в азиатской части страны весьма ограничен. Он накоплен главным образом в связи с мелиорацией торфяных почв Дальнего Северо-Востока в бассейне р. Колыма. Работы по сельскохозяйственному освоению постоянно мерзлотных почв этой территории насчитывают не более 10...15 лет. Известные в настоящее время данные получены в связи с мелиорацией мерзлотных торфяных почв Среднеканского района Магаданской области. Колымская почвенно-климатическая провинция, где выполнялись эти работы, характеризуется резко континентальным климатом. Среднегодовая температура минус 11,9 °С. Наиболее холодным месяцем является январь (–39,1 °С), наиболее теплым — июль (15,6 °С). Продолжительность периода со среднесуточной температурой выше 10 °С 80 дней. Сумма положительных температур 1106 °С. Среднегодовое количество осадков 343 мм, за теплый период (июнь — сентябрь) выпадает 163 мм. Наибольшее количество осадков выпадает в июле — августе — 42 мм. Из-за неравномерного выпадения осадков в вегетационный период возделываемые культуры ранним летом испытывают недостаток влаги, а в июле — августе — переувлажнение.

Сезонное промерзание почв смыкается с многолетней мерзлотой. Максимальное протаивание почв наблюдается в конце сентября — начале октября. При этом на болотных почвах в естественном состоянии оно составляет 40...45 см. Летом поверхностные воды (верховодка) и надмерзлотные воды в торфяных почвах образуют единый горизонт от поверхности до мерзлотного водоупора. На болотных массивах под пологом осоково-вейниковой, осоковой, сфагново-осоковой, ерnikово-сфагновой растительности формируются главным образом болотные переходные мерзлотные почвы с разной мощностью торфа. К концу теплового периода глубина залегания мерзлотного горизонта тесно связана с мощностью торфа. Так, в торфянисто-глеевых почвах она находилась на глубине 68 см от поверхности, в торфяно-глеевых — 63, торфяно-маломощных — 53, торфяных среднемощных и мощных — соответственно 48 и 44 см. Торфяные почвы этого ре-

гиона отличаются высокой льдистостью — до 80 %; в них часты жилы чистого льда.

Торфы этих переходных болот по составу растений-торфообразователей относятся к травяной и моховой группам. По видовому составу это сфагновые, пушицево-вейниковые, сфагново-пушицевые торфы с высокой степенью разложения.

Торфяные почвы сильнокислые (рН 2,8...4,7); гидролитическая кислотность высокая — 60...80 мг экв. на 100 г. Отличительной особенностью этих переходных болот является высокая неконституционная зольность — от 7 до 60 %. Наличие многолетней мерзлоты и высокая льдистость толщи торфа (в среднем 40...60 %, тепловая просадка при вытайке льда 30...60 см/м) определяют необходимость применения двухэтапного подхода к проектированию и строительству мелиоративных систем.

На первом этапе мелиоративные системы предварительного осушения действуют в течение 1...3 лет. Они осуществляют процесс вытаивания льда. При этом происходит непрерывная деформация поверхности почв. На этой стадии предусматривается их ежегодная планировка для устранения термокарстовых провалов. При этом осушенные почвы находятся в постоянном сельскохозяйственном использовании. После затухания термокарстовой трансформации массива выполняют повторную топографическую съемку, разрабатывается проект второго этапа, по которому мелиорируемые почвы сдают в эксплуатацию хозяйствам. По мере использования таких почв происходит их уплотнение, снижаются порозность, влагоемкость. Поскольку лето в этих условиях бывает жарким и сухим, запас влаги в маломощном надмерзлотном слое оказывается незначительным. Возникает необходимость в создании систем двустороннего действия, в орошении сельскохозяйственных культур с помощью дождевания.

Если объемная льдистость в профиле почв достигает 60...80 %, то при вытаивании льда происходит весьма значительная просадка торфа (50...70 см/м), приводящая к необходимости выполнения экономически нерентабельных планировочных и мелиоративных работ. Поэтому почвы с такой льдистостью нецелесообразно вовлекать в сельскохозяйственное освоение.

По климатическим условиям этого региона торфяные почвы после мелиорации могут быть использованы для возделывания кормовых культур (овес, горох, кормовые бобы на зеленую массу и силос), а также однолетних и многолетних трав (волосниц сибирский, костер безостый, овсяница луговая и др.). В результате выполнения необходимых мелиоративных и агрономических работ удастся резко повысить продуктивность луговых угодий Дальнего Севера-Востока страны (табл. 26).

Южная тайга и лесостепь Западной и Восточной Сибири. В пределах южнотаежной (и лесостепной) территории Западной и Восточной Сибири торфяные почвы отличаются относительно неглубоким промерзанием профиля. К началу лета мерзлотные горизонты профиля быстро оттаивают. На протяжении большей части вегетационного периода такие

26. Урожайность сельскохозяйственных культур на мелиорированных и окультуренных переходных торфяных мерзлотных почвах, т/га (совхоз "Сеймчан Среднеканского района Магаданской области, данные 1983 г.)

Год	Естественные сенокосы	Однолетние травы (овес + горох) на			Многолетние травы на сено
		сено	зеленый корм	силос	
1973	0,70	—	5,57	7,79	—
1974	0,70	—	5,20	—	7,10
1975	0,85	1,80	10,50	12,20	2,60
1976	—	3,85	13,50	9,80	1,76
1977	0,90	1,80	—	10,00	2,22

почвы находятся в талом состоянии. Вместе с тем их гидротермический режим резко меняется под влиянием осушения. Рассмотрим эти изменения, особенности свойств и режима осушенных болотных почв, приуроченных к Барабинской низменности.

Примерно 30 % этой территории образовано болотными переходными и верховыми торфяными почвами. По данным И. И. Логинова (1986), в переходных торфах целинных болот зольность меняется в интервале 5,2...5,6 %, в низинных возрастает до 9,6...13 %. Все болотные почвы Северной, Центральной и Южной Барабы являются сезонно-мерзлотными и подвержены промерзанию. Оно минимально в Северной Барабе, поскольку здесь почвы покрываются раньше и более мощным снеговым покровом, чем в южных зонах (табл. 27). Осушение резко усиливает глубины промерзания маломощных торфяных почв (до 130...140 см). Вместе с тем они значительно быстрее освобождаются от мерзлоты по сравнению с мощными торфяными почвами.

27. Глубина промерзания и сроки оттаивания болотных почв в разных зонах Барабы в среднем за 1961...1980 гг. (И. И. Логинов, 1986)

Почва	Глубина промерзания, см			Сроки оттаивания		
	Северная	Центральная	Южная	Северная	Центральная	Южная

Целинное болото

Торфяно-глеевая	52	59	52	1.06	5.06	9.06
Торфяно-средне-мощная	43	48	51	6.06	15.06	21.06

Освоенное болото

Торфяно-глеевая	128	135	140	12.06	22.06	27.06
Торфяно-средне-мощная	77	85	89	19.07	28.07	31.07

Таким образом, благодаря осушению в торфяных почвах Барабы возникают устойчивые к размерзанию вторичные мерзлотные горизонты. Они наиболее стабильны в почвах с мощной органогенной толщей ($T \geq 0,8...1,0$ м). В них мерзлотные горизонты исчезают лишь в

конце летней межени или могут сохраняться на протяжении всего тепло-го периода (перелетки). Именно с этой особенностью гидротермическо-го режима связаны важнейшие особенности географии болотных почв рассматриваемого региона. Болотные массивы Средней и Южной Барабы отличаются тем, что их периферийная часть, примыкающая к коренным или островным берегам болот, образована маломощными и обычно засоленными торфяными почвами. В центральной зоне полу-чили распространение органогенные мощные торфяные незасолен-ные почвы с длительно сохраняющимися мерзлотными горизонтами.

В результате быстрого оттаивания мерзлоты в маломощных тор-фяных почвах к их дневной поверхности в весенне-раннелетний период устремляется капиллярный ток минерализованных (преимущественно хлоридно-сульфатных) грунтовых вод. Происходит накопление солей в поверхностных горизонтах профиля.

Модельные исследования (Логинов, 1986) показали, что на пе-риферийных зонах болот с торфянисто- и торфяно-глеевыми почвами в весенне-летний период происходит засоление почв. При опускании грунтовых вод до 1 м соли из глеевых горизонтов в торфяные не поступают и засоление этих почв прекращается. Наличие глеевых гори-зонтов в торфяных почвах на этой глубине или ниже в основной части болотных массивов, вероятно, одна из возможных причин отсутствия засоления болот Барабинской низменности после осушения. Вторая весьма существенная (или ведущая) причина — длительная сохранность мерзлотного экрана, который препятствует капиллярному подъему засоленных грунтовых вод. Этот экран исчезает лишь в самом конце лета и осенью, когда начинается выпадение обильных дождей. Верхние слои грунтовых вод разбавляются пресными осадками. Наконец, начи-ная с конца октября уровни грунтовых вод на болотных массивах повсеместно опускаются ниже критических — до 2 м (Бишоф, 1970). Все эти явления объясняют закономерности структуры почвенного пок-рова и свойств почв по мере нарастания мощности торфяных горизонтов. Из таблицы 28 следует, что при мощности торфа 80 см практически прекращается аккумуляция водорастворимых солей в поверхностных горизонтах осушенных болот.

Следует подчеркнуть, что процесс перехода мощных торфяных почв из кратковременно-мерзлотных в целинном состоянии в длитель-но (или постоянно)-мерзлотные после мелиорации, по-видимому, имеет весьма широкое распространение в целом на всей территории южнотаежной (и лесостепной) зоны не только Западной, но и Восточ-ной Сибири. В этом отношении особый интерес представляют дан-ные о вторичной трансформации гидротермического режима Кабанских болот. Этот массив, расположенный в дельте р. Селенги, образован мощными торфяными почвами. В результате осушения на фоне двусто-роннего регулирования водного режима удается получать сена много-летних трав 30...40 т/га, турнепса 400, кормовой капусты 300, карто-феля 200 т/га (Петрович, 1965). Более поздние исследования (Укоев, 1987), выполненные на этом массиве, показали, что осушенные тор-

28. Изменение свойств и засоления осушенных торфяных почв по мере удаления от края болота в слое 0...30 см. Барябинская низменность (И. И. Логинов, 1985)

Мощность торфа, см	Число повторений	Степень разложения, %	Плотность, г/см ³	Содержание солей, %			Содержание солей в слое 0...30 см, г/га	Содержание солей, % к первому слою
				минимальное	максимальное	среднее		
10	7	44	0,38	2,4	6,6	4,8	54,7	100
20	7	37	0,29	1,9	5,4	3,9	33,9	62
30	7	33	0,25	1,6	3,3	2,7	20,0	36
40	7	30	0,22	1,5	2,7	2,4	16,0	29
50	7	25	0,21	1,4	2,4	1,7	10,7	18
60	7	25	0,20	1,2	2,2	1,5	9,0	16
70	7	20	0,18	1,2	2,0	1,5	8,1	15
80	7	20	0,17	0,8	1,7	1,4	7,1	13
90	7	20	0,18	0,7	1,7	1,3	7,0	13
100	7	20	0,18	0,7	1,8	1,3	7,0	13
150	6	20	0,17	0,8	1,8	1,4	7,1	13
200	4	20	0,18	0,6	1,6	1,2	6,5	12

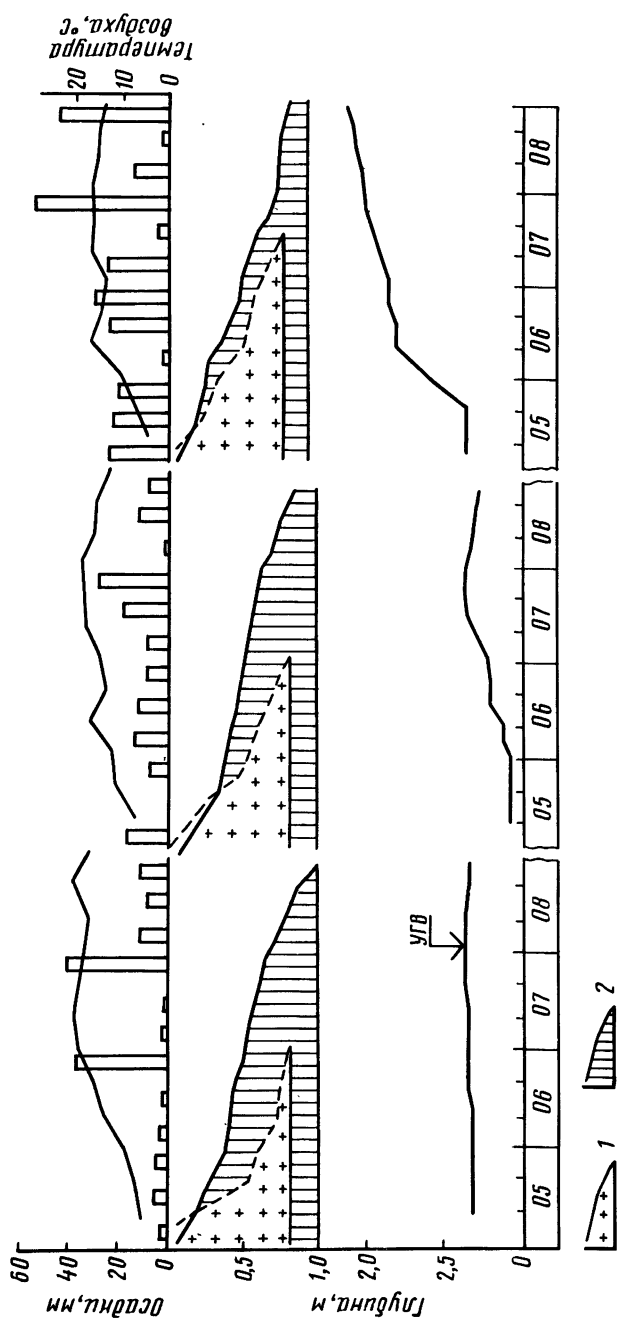


Рис. 5.3. Элементы гидротермического режима целинных и осушенных мощных торфяных почв Кабанских болот в дельте р. Селенги, Бурятская АССР (по С. Ж. Укоеву); мерзлотные горизонты до (1) и после (2) осушения

фьяные мощные почвы отличаются от целинных длительной сохранностью мерзлотного горизонта на глубинах 70...80 см (рис. 5.3). Таким образом, кратковременные мерзлотные целинные торфяные почвы под влиянием осушения трансформируются в длительно-сезонно-мерзлотные (или в постоянно-мерзлотные).

В связи с анализом условий мелиорации органогенных почв Восточной Сибири следует затронуть и еще один вопрос этой сложной проблемы. В речных долинах региона широко распространены органогенные почвы с небольшой мощностью торфяной толщи (до 1 м), близко подстилаемые галечниковым аллювием. Разреженная сеть редких каналов позволяет быстро осушить значительные площади таких болот. Однако в условиях самотечного осушения органогенные почвы оказываются легко подвержены эрозии и особенно пожарам. В результате после осушения они могут быстро исчезнуть, а на дневную поверхность выступят бесплодные каменистые горизонты, окультуривание которых невозможно. Поэтому мелиорация таких почв должна осуществляться при активном регулировании грунтовых вод и луговом (или лугово-пастбищном) использовании почв. Если такие условия эксплуатации не могут быть созданы, органогенные почвы мощностью до 1 м, подстилаемые галечниковым аллювием, в условиях Восточной Сибири вообще нецелесообразно осушать самотечными системами. По-видимому, наиболее разумно оставлять такие почвы в естественном состоянии.

Очевидно, постоянно-мерзлотные и длительно-сезонно-мерзлотные почвы в отличие от почв южнотаежной подзоны и лесостепи европейской территории СССР характеризуются весьма заторможенной минерализацией органического вещества торфа. По наблюдениям (Люгинов, 1985), в условиях длительного наличия мерзлоты в освоенных торфяных почвах процессы минерализации в ней органического вещества очень замедлены. За 40 лет сельскохозяйственного использования в результате осадки и минерализации твердая фаза торфа увеличилась только в пахотном горизонте (на 7 %). В нижележащих слоях торфа соотношение твердой и жидкой фаз не изменилось (табл. 29). Осадка торфа наблюдается только в первые годы освоения болот. За первые 18 лет масса торфа в слое 0...30 см увеличилась на 46 %, в последующие 15 — только на 5 %. Увеличение массы торфа происходит в результате его уплотнения при осадке. Биохимическая сработка торфа незначительна. За 32 года она во всем слое составила 70 т/га, что равно 2,2 т/га в год, или 0,1 % общего запаса торфа. Для сравнения укажем, что на Минской болотной станции на осушенном, но неосвоенном болоте сработка торфа составляет 3 т/га, на освоенных почвах под многолетними травами — 7, а под пропашными культурами минерализуется свыше 10 т/га в год (Скоропанов, 1969).

Низкие темпы сработки органического вещества холодных торфяных почв являются причиной того, что на этих богатых валовым азотом почвах его подвижные формы находятся в первом минимуме. Практически повсеместно на мерзлотных и длительно-сезонно-мерз-

29. Изменение плотности и запаса торфа в процессе сельскохозяйственного использования осушенных болотных почв центральной части Барабинской низменности (И. И. Логинов, 1986)

Глубина, см	Плотность, г/см ³			Запас сухого торфа, т/га		
	1947 г.	1965 г.	1980 г.	1947 г.	1965 г.	1980 г.
0...10	0,14	0,21	0,22	140	210	220
10...20	0,15	0,22	0,22	150	220	220
20...30	0,14	0,20	0,21	140	200	210
30...40	0,19	0,19	0,20	190	190	200
40...50	0,19	0,19	0,18	190	190	180
50...60	0,21	0,18	0,19	210	180	190
60...70	0,18	0,17	0,18	180	170	180
70...80	0,17	0,17	0,18	170	170	180
80...90	0,16	0,17	0,18	160	170	180
90...100	0,18	0,17	0,20	160	170	200
0...100	—	—	—	1710	1870	1960
100...110	0,15	0,14	0,15	150	140	150
110...120	0,15	0,14	—	150	130	—
120...137	0,20	—	—	170	—	—
Запас торфа во всем слое	—	—	—	2180	2140	2110
Мощность торфа, см	137	119	114	—	—	—
Степень разложения в слое 0...30, %	32	36	39	—	—	—

лотных вновь и староосвоенных почвах внесение минерального азота оказывается обязательным условием получения урожая.

Если эта задача решена, то на торфяных длительно-сезонно-мерзлотных почвах Барабы могут быть получены высокие урожаи многолетних трав (табл. 30).

30. Урожайность сена многолетних культур трав разных лет жизни на осушенных длительно-сезонно-мерзлотных торфяных среднесиловых почвах Барабинской низменности (И. И. Логинов, 1986)

Год жизни трав	Урожайность	
	т/га	%
2-й (1970)	5,34	100
3-й (1971)	4,96	93
4-й (1972)	5,58	104
5-й (1973)	4,81	90
6-й (1975)	4,49	83
7-й (1970)	3,49	69
8-й (1971)	3,10	55
9-й (1972)	3,34	38
10-й (1973)	2,64	30
11-й (1975)	1,79	33

Таким же дифференцированным оказывается и подход к решению вопроса о двустороннем регулировании водного режима. В осушенных длительно-сезонно-мерзлотных среднемощных (горизонт T 1...2 м) и мощных (горизонт T 2 м и более) торфяных почвах Барабы естественные запасы влаги достаточны для получения устойчивых и высоких урожаев однолетних и многолетних трав без дополнительного увлажнения. На торфяно-глеевых почвах (горизонт T до 50 см) необходимо дополнительное увлажнение дождеванием. При этом условия могут быть получены высокие урожаи многолетних трав (тимopheевки луговой, овсяницы луговой, костра безостого, а на засоленных маломощных торфяных почвах — донников). Посевы трав не старше пятилетнего пользования дают высокие урожаи сена даже в засушливые годы. При более длительном пользовании трав происходит их вырождение (см. табл. 30).

5.3. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ЗАБОЛОЧЕННЫХ ПОЧВ ЮГА ТАЙГИ И ЗОНЫ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ

В настоящее время достаточно очевидна общая тенденция увеличения общей площади мелиорированных почв в высоких широтах. В тундре и лесотундре основным объектом мелиорации нередко оказываются достаточно эндемичные почвы со своим весьма своеобразным режимом, приводящим к оттаиванию значительной толщи поверхностных горизонтов. Сейчас эта площадь, однако, не превышает 50...70 тыс. га, и, по существу, можно говорить лишь о первом широком производственном опыте земледелия в экстремальных почвенно-климатических условиях.

Определяющее значение в сельском хозяйстве Нечерноземья принадлежит почвам, в которых формируются лишь кратковременно-сезонно-мерзлотные горизонты. Их принципиальная отличительная особенность заключается в том, что к началу сельскохозяйственных работ и вегетации культур полевых севооборотов в их профиле исчезает мерзлота. В критические периоды вегетации и агрономического цикла в целом их мерзлотные горизонты практически не влияют на гидрологический режим почв. Эта наиболее распространенная группа представлена преимущественно заболоченными (минеральными) почвами. Из общей площади земель, сельскохозяйственное использование которых возможно после осушения, минеральные почвы в разных областях Нечерноземья составляют 75...90 %.

Таким образом, в гумидных ландшафтах основным объектом мелиорации являются и длительное время будут оставаться минеральные заболоченные почвы южной тайги и в меньшей мере — зоны широколиственных лесов. В настоящее время мелиоративные системы здесь нередко охватывают площади в виде единых массивов в сотни, тысячи, десятки и сотни тысяч гектаров. По существу, единый мелиоративный массив — территории дренажных систем на сельскохозяйственных землях Литвы (2,5 млн га из общей площади земель сельскохозяйственного пользования 3,4 млн га), Латвии и Эстонии. Возникли и эксплуати-

руются единые массивы дренажа и систем двустороннего регулирования на площадях, превышающих миллионы гектаров (например, дренажный и осушительно-обводнительный мелиоративный комплекс в бассейне р. Припять и др.). Столь мощная трансформация водного и температурного режимов поистине гигантских территорий в результате гидромелиорации почв в Нечерноземной зоне страны делает особенно актуальной проблему экологически рационального использования таких массивов. Ее решение невозможно без анализа исходной и вторичной почвенно-гидрологической обстановки, ее типизации.

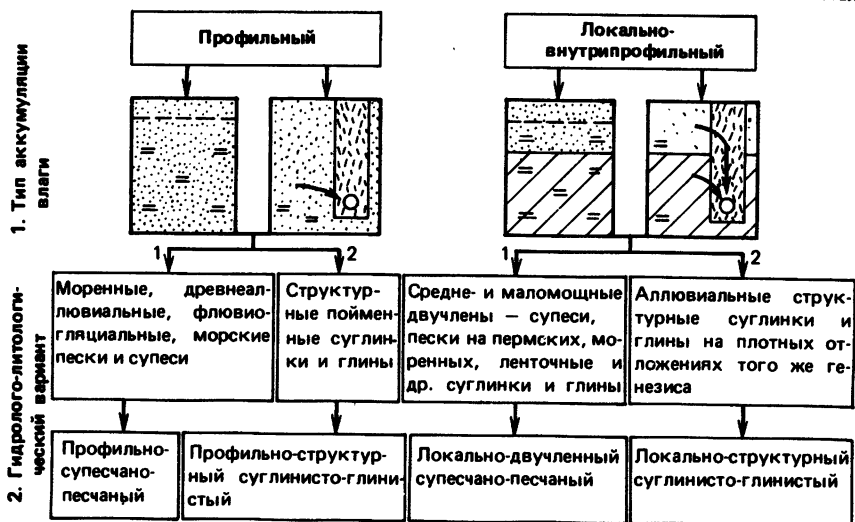
5.3.1. Типы застойных аккумуляций гравитационной влаги в профиле гидроморфных почв

В почвах южной тайги преобладает кратковременно-мерзлотный тип термического режима. К началу вегетации мерзлотные горизонты, как правило, оттаивают, и водный режим таких почв формируется в безмерзлотном профиле. Он определяется особенностями их физических свойств, унаследованными от почвообразующих пород, характером рельефа, климатом. В любом случае, однако, нас прежде всего интересует закономерность формирования застойных аккумуляций гравитационной влаги в профиле заболоченных почв, поскольку они определяют конструкцию дренажных систем, состав сопутствующих мероприятий и др. Не менее существенна и оценка продолжительности существования этих аккумуляций, так как с ними связана целесообразность применения мероприятий по осушению заболоченных (и болотных) почв. С этой точки зрения особое значение имеют сведения о характере застойных фаз водного режима в профиле рассматриваемых почв.

Анализ гидрологии заболоченных почв Нечерноземья позволяет обратить внимание на четыре весьма распространенных типа аккумуляций застойной влаги: 1) профильный; 2) внутрипрофильный локальный; 3) двухъярусный; 4) поверхностный. Эти типы проявляются в почвах различного генезиса и различного гранулометрического состава; они тесно связаны с факторами их заболачивания (см. схему 4). В прикладном отношении их следует дифференцировать на ряд литолого-гидрологических вариантов, раскрывающих взаимосвязь между гидрологическими особенностями почв и их гранулометрическим составом. Предлагаемая нами классификация тесно связана с оценкой принципиальной направленности мелиоративных мероприятий и разработкой прогнозных решений.

Первый тип застойных аккумуляций. Объединяет обширную группу почв на хорошо проницаемых легких породах с элементарным гранулометрическим составом, а также тяжелые хорошо оструктуренные и водопроницаемые почвы. Отличительная гидрологическая особенность почв с *профильным застоем влаги* заключается в том, что только дренажем, как правило, без применения значительных сопутствующих агро-мелиоративных мероприятий можно обеспечить их эффективное осушение.

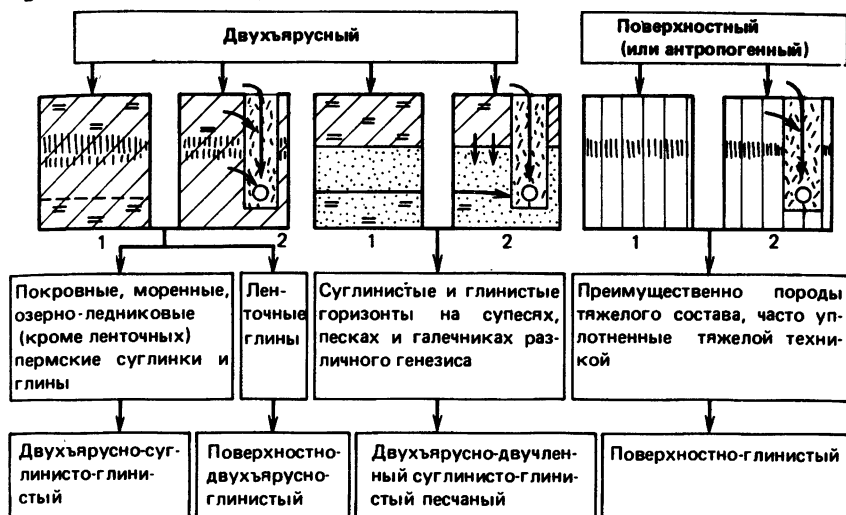
Типы застойных аккумуляций гравитационной влаги в заболоченных почвах



Этот тип образуют два литолого-гидрологических варианта: профильно-супесчано-песчаный и профильно-глинистый структурный. Первый объединяет широко распространенную группу почв на моренных, флювиогляциальных, аллювиальных, морских супесчано-песчаных отложениях в моренных, полесских и пойменных ландшафтах. В состав этого варианта входят и торфяные почвы с высокой водопроницаемостью (> 1 м/сут), подстилаемые легкими отложениями разного генезиса.

В этих условиях самотечное осушение вызывает быстрое понижение уровня грунтовых вод не только в профиле мелиорируемых почв, но и на обширных пространствах, далеко отстоящих от границ дренажной системы. Нередко поверхностные горизонты почв подвергаются интенсивному иссушению, а торфяные почвы – ускоренному биохимическому разложению. Особенно неблагоприятные последствия возникают при применении глубокого осушения органогенных почв на мощных песках. Этот процесс усугубляется еще и тем, что в хорошо проницаемых почвах с профильно-застойным типом проводящие элементы дренажных систем (коллекторы, магистральные каналы) принимают на себя функцию регулирующих дрен-осушителей. В этом случае положение уровней грунтовых вод в значительной мере определяет не регулирующая сеть дрен-осушителей, а крупные коллекторы, находящиеся на значительно больших глубинах. С таким явлением часто можно встретиться в поймах рек (рис. 5.4), образованных хорошо проницаемыми почвами с близким залеганием руслового аллювия; в полесских ландшафтах с мощными легкими отложениями флювиогляциальных и древнеаллювиальных песков и супесей, в зонах

в естественном (1) и осушенном (2) состояниях



распространения легких моренных отложений. Ареалы таких отложений на европейской территории весьма значительны (см. рис. 1.3).

Рассмотрим некоторые особенности водного режима почв с таким типом застоя влаги на примере полесских, пойменных и моренных ландшафтов, образованных супесчано-песчаными отложениями.

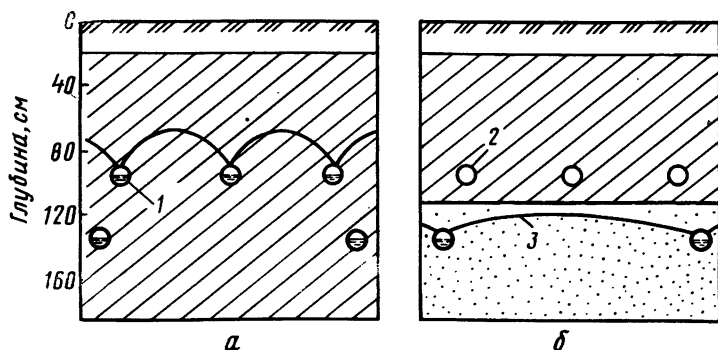


Рис. 5.4. Влияние проводящей сети на уровень грунтовых вод при осушении хорошо проницаемых пойменных почв на русловом аллювии:

а — при мощном тяжелом структурном аллювии; б — при близком залегании легкого (песчано-гравистого, супесчаного) аллювия; 1 — коллекторная сеть; 2 — регулирующая сеть дрен-осушителей; 3 — депрессионная кривая между коллекторами

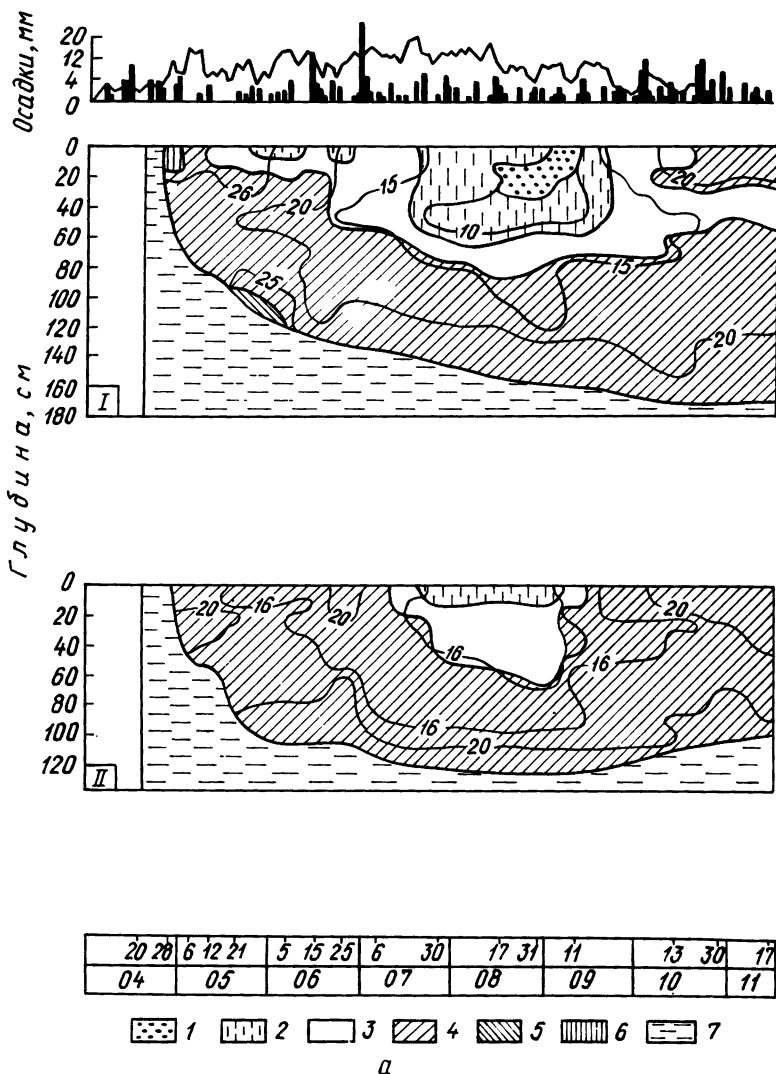
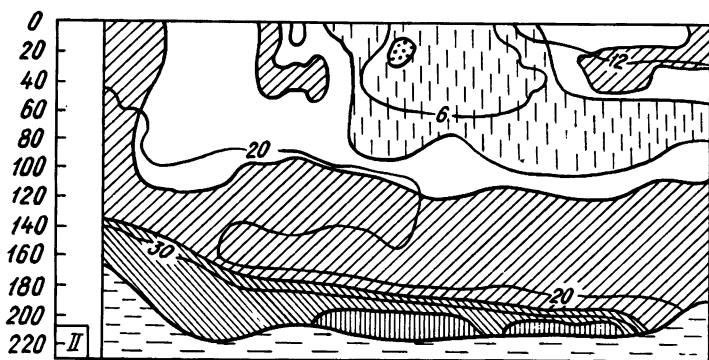
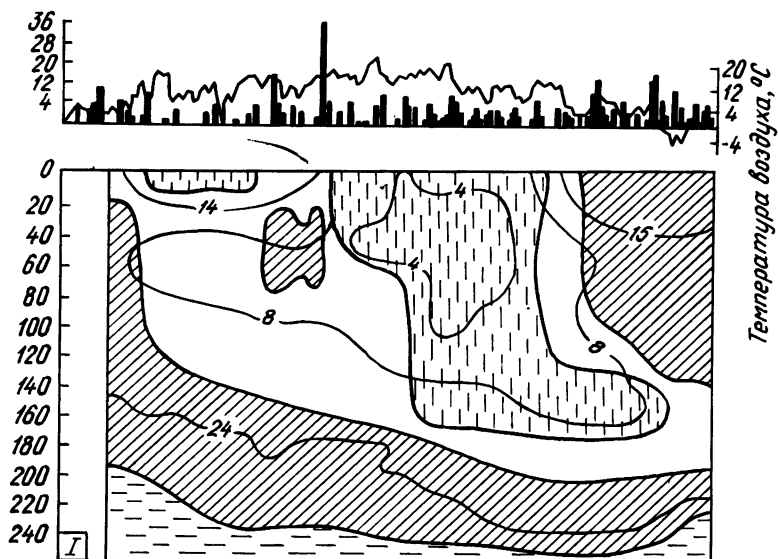


Рис. 5.5. Основные элементы водного режима заболоченных дернового его изменение в результате косвенного влияния дренажа, приуроченного аккумуляции застойной влаги; гидролого-литологический вариант – провенно-гидрологический стационар). Почвы:

I – дерново-подзолистая ортандовая глееватая; II – дерново-подзолистая дания (ВЗ); 2 – ВЗ...ВРК (влажность разрыва капиллярной связи); 3 – 6 – 0,9ПВ...ПВ; 7 – грунтовые воды



20	6	21	5	15	25	6	30	17	11	12	29	15
04	05	06	07	08	09	10	11					

δ

подзолистых супесчано-песчаных почв в естественном состоянии (а) и к сопредельным болотным массивам (б). Пример профильного типа филозно-застойный супесчано-песчаный (Мещерский мелиоративный поч-

ортзандовая глеевая; категории влажности: 1 – менее влажности завя-ВРК...ППВ; 4 – ППВ...0,8ПВ (полной влагоемкости); 5 – 0,8ПВ...0,9ПВ;

Почвы, обладающие профильным типом застоя гравитационной влаги на легких отложениях, отличаются тем, что выше зоны активного поднятия капиллярной влаги их влажность не превышает предельную полевую влагемкость при выпадении значительных осадков. После снеготаяния и сплошного обводнения профиля заболоченных почв весной происходит относительно быстрое понижение уровня грунтовых вод. Этот процесс резко усиливается в тех случаях, когда территория с такими заболоченными почвами находится в зоне влияния самотечной осушительной системы.

На рисунке 5.5 приведены графики хроноизоплет влажности, отражающие основные элементы гидрологического режима легких дерново-подзолистых глееватых почв Мещерского полесья в естественном (неосушенном) состоянии и в зоне влияния осушительной сети. Несмотря на то, что эти почвы непосредственно не подвержены действию дренажа, уложенного в ареале распространения таких почв, а сама осушительная система, образованная сетью открытых каналов, находилась на расстоянии 200...250 м, их влияния на водный режим водосбора оказались весьма существенными. Это проявлялось в следующем.

Во-первых, уровни грунтовых вод в наиболее заболоченных почвах опустились до отметки воды в открытых каналах. Во-вторых, под влиянием осушительного действия проводящей сети на недренированной водосборной площади не только в дерново-подзолистых глееватых, но и в глеевых почвах (в отличие от почв с естественным водным режимом) не наблюдалось профильного застоя гравитационной влаги. В-третьих, поверхностные горизонты дерново-подзолистых глееватых и глеевых почв под действием осушительных систем, расположенных на сильнозаболоченных органогенных почвах, характеризуются интенсивным иссушением. Их влажность в корнеобитаемой толще в условиях центра южнотаежной подзоны в слое 80...100 см в средние по влажности годы опускается до ВРК (или ниже).

Из этого следует ряд важных выводов. 1. Площадь осушительных систем в таких условиях не соответствует площади распространения заболоченных почв и должна быть значительно меньшей. 2. Ареал расположения осушительной системы в этих условиях следует строго увязывать с прогнозными расчетами зоны влияния проводящих элементов, т. е. коллекторов различного порядка и магистральных каналов. 3. При проектировании мелиоративных систем в почвах с профильно-застойным типом режима на хорошо проницаемых породах предпочтение должно быть отдано системам двустороннего действия. В этих природных условиях наиболее целесообразным оказывается сочетание дренажа и регулируемого шлюзования. Причем на минеральных почвах может оказаться целесообразным, кроме того, применение поверхностного орошения, поскольку именно в таких почвах наблюдается наиболее интенсивное иссушение корнеобитаемых горизонтов.

Особое значение двустороннее регулирование водного режима приобретает при освоении торфяных почв, поскольку в этом случае оно играет роль не только влагорегулирующего, но и почвоохранного фактора (по крайней мере, в южной тайге и более южных регионах). В

этой связи необходимо подчеркнуть, что самотечное и особенно глубокое самотечное осушение торфяных почв вызывает не только интенсивное обезвоживание и сработку торфа, пожары и ветровую эрозию.

Эти неблагоприятные явления наиболее интенсивно проявляются при использовании органических почв под пропашные культуры. Регулируемое шлюзование торфяных почв создает на осушенном болотном массиве условия, близкие к тем, в которых органическое вещество почвы в биохимическом отношении наиболее стабильно. Последнее возможно при луговом типе водного режима, когда капиллярная кайма, поднимающаяся от зеркала грунтовых вод, увлажняет поверхностные, в том числе пахотный, горизонты профиля.

Важное условие стабильной культуры торфяных почв в южной тайге, в зоне широколиственных лесов — их преимущественное использование в качестве зеленых угодий, главным образом в виде сенокосов. Это, а также внесение органики решает не только задачу получения значительных урожаев грубых кормов, но и выравнивает баланс углерода осушаемых органических почв, поскольку с корнями трав в почве остается до 50...75 % органической массы растений.

Таким образом, луговой тип водного режима на фоне регулируемого шлюзования, использование органических почв преимущественно в качестве сенокосных угодий создают условия для их неопределенно долгой сельскохозяйственной культуры.

Второй гидролого-литологический вариант профильно-застойного типа аккумуляции гравитационной влаги как правило встречается и формируется в почвах на аллювиальных глинистых структурных отложениях. Структурные пойменные почвы (рис. 5.6) отличаются высокой вертикальной и особенно горизонтальной фильтрацией. При мощной толще глинистого аллювия основная причина их заболачивания — намывные русловые или реже намывные русловые и грунтовые воды. Профильное обводнение и застой влаги проявляются после завершения весеннего (или летнего) паводка. Их гидрологический режим близок к режиму заболоченных почв с профильным застоем влаги по двум причинам. Первая — в этих двух группах почв начало теплого периода сопровождается обводнением и застоем влаги во всех горизонтах профиля. Вторая причина — влажность почвы определяется прежде всего положением грунтовых вод или верховодки; в этих почвах в естественном состоянии не формируются уплотненные водопорные горизонты, на которых возможно застаивание гидравлически изолированных очагов гравитационной влаги. Выпадающие атмосферные осадки не создают аккумуляций застойной влаги в поверхностных горизонтах почвенного профиля. Влага благодаря высокой водопроницаемости глинистого профиля свободно стекает в глубокие слои, не образуя очаговых аккумуляций в поверхностных горизонтах (см. рис. 5.6).

Вместе с тем профилю этих почв присущи свойства, которые существенно отличают профильно-застойный структурно-глинистый вариант от супесчано-песчаного. Во-первых, глубинные (т. е. глубже 1,5 м)

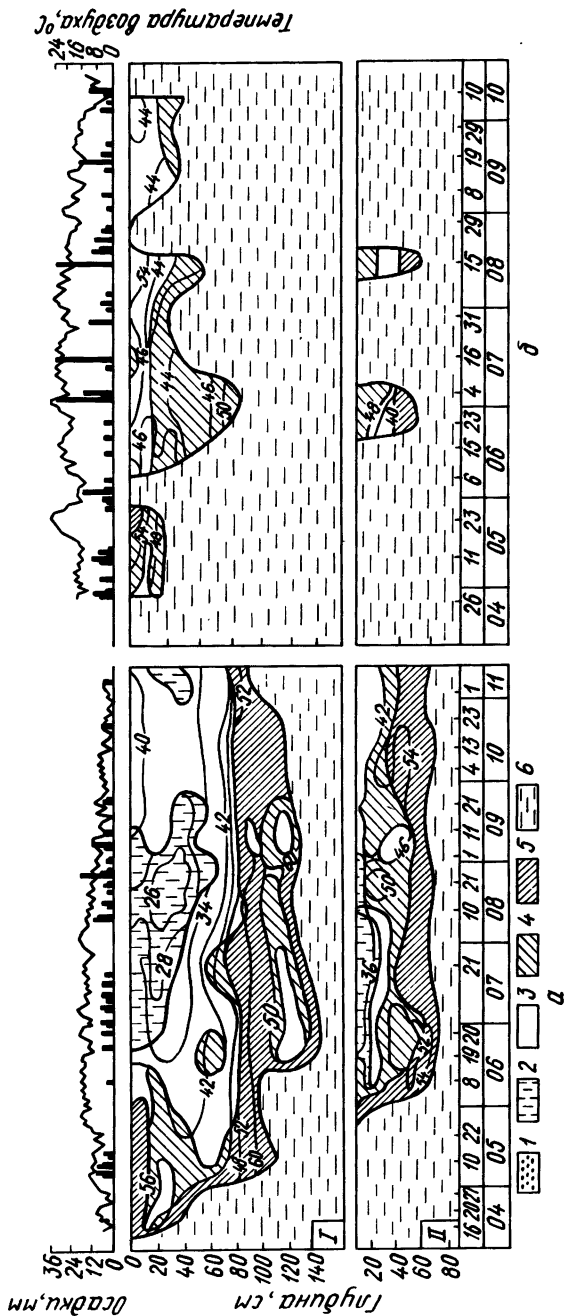


Рис. 5.6. Основные элементы водного режима заболоченных пойменных структурно-глинистых почв в естественном состоянии в средние (а) и влажные (б) годы в пойме р. Москвы. Пример профильного типа аккумуляции застойной влаги; гидролого-литологический вариант – профильно-застойный структурно-глинистый (Раменский мелiorативный почвенно-гидрологический стационар). Почвы:

I – дерновая зернистая глинистая; II – дерновая зернистая глееватая глинистая; категории влажности: I – менее ВЗ; 2 – ВЗ...ВРК; 3 – ВРК...ППВ; 4 – ППВ...0,9ПВ; 5 – 0,9ПВ...ПВ; 6 – ПВ (верховодка)

слои структурно-глинистых почв на современном аллювии, как правило, отличаются интенсивным оглеением и относительно невысокой фильтрацией глеевых горизонтов. Поэтому поток верховодки или грунтовых вод, мигрирующих к дрене, здесь испытывает значительное сопротивление. Междренные расстояния здесь обычно оказываются ниже, чем в почвах на легких однородных по гранулометрическому составу породах. Во-вторых, проводящая сеть коллекторов и каналов в пойменных глинистых почвах не проявляет заметно регулируемую роль, а влияние осушительной системы здесь не распространяется на значительные расстояния. Благодаря высокой водопроницаемости поверхностных горизонтов и отсутствию в них аккумуляций гравитационной влаги эффект осушения в этих почвах может быть достигнут с помощью простых гидротехнических приемов без специальных агро-мелиоративных мероприятий по организации поверхностного и внутри-почвенного стоков. Следует, однако, подчеркнуть, что последнее заключение справедливо для этих почв на начальных этапах эксплуатации, т. е. до тех пор, пока в почвенном профиле сохраняется стабильная структура водопрочных агрегатов, а в подпахотных горизонтах в результате обработки возникают уплотненные слои. Поэтому обязательное условие культурного земледелия — травопольная система с высокой насыщенностью севооборота травами.

При оптимизации водного режима пойменных структурно-глинистых почв Нечерноземья следует учитывать, что здесь, как и в супесчано-песчаных почвах, возможно применение как предупредительного, так и регулируемого шлюзования. Это обусловлено высокими значениями активной порозности рассматриваемых почв, водопрочности агрегатов и нередко стабильностью кротовин. Очевидно, предупредительное шлюзование как в легких, так и в тяжелых почвах конструктивно решается с помощью устройства шлюзов на открытых каналах и коллекторах или перекрывающих сооружений только на устьях коллекторов. Таким образом пассивно регулируется дренажный сток и тормозится скорость снижения уровня верховодки или грунтовых вод. Активное регулирование их уровня возможно только путем подачи воды из внешнего водоисточника в шлюзованные элементы проводящей сети. Однако скорость подъема воды между дренами здесь может оказаться весьма замедленной. Поэтому в этом случае на структурных почвах следует предусматривать дополнительно нарезку частой сети кротовин (например, через 2...4 м) перпендикулярно дренажным линиям, которые существенно ускоряют подъем уровня воды в междренном пространстве.

Обширная территория Нечерноземной зоны (около четверти площади сельскохозяйственных угодий) образована почвами, которым присущ *локальный тип аккумуляции застойной влаги*. Как правило, это почвы на двучленных отложениях. Самый распространенный вариант этого типа образуют почвы, у которых поверхностный легкий преимущественно супесчано-песчаный флювиогляциальный нанос на различной глубине подстилается тяжелыми отложениями раз-

личного генезиса — покровными, моренными, пермскими, озерно-ледниковыми суглинками и глинами. Наиболее существенная особенность почв с таким типом водного режима — застой влаги на контакте легкого и тяжелого слоев. При относительно близком залегании к дневной поверхности тяжелого слоя (до 60 см — маломощный двучлен) почвы второго типа водного режима отличаются и весьма контрастной сменой гидрологических фаз. Относительно небольшие осадки в условиях естественного режима вызывают быстрое затопление поверхностного слоя, застой влаги на контакте и развитие анаэробных условий. В сухой период поверхностный водоносный горизонт быстро пересыхает (рис. 5.7). Этому способствует и капиллярное отсасывание влаги из верхнего слоя нижним, более тяжелым наносом. Регулирующая сеть дренажеров в этих условиях работает при мелком подстилании — в водоупорном слое, при глубоком (1,0...1,5 м) — как совершенный дренаж, приуроченный к верхней кровле водоупора.

Действие дренажа при заболачивании почв атмосферными и грунтовыми водами, как правило, локально. Важнейшее гидрологическое условие эффективной работы дренажа на почвах с близким залеганием к дневной поверхности водоупора — организация непрерывной гидравлической связи поверхностных горизонтов профиля с дренажной линией. Последнее может быть достигнуто в результате устройства фильтра в дренажной траншее или в щели пластмассового дренажа. Сложность осушения почв с внутрипочвенным локальным застоем влаги обусловлена низкой эффективностью агрономических мероприятий по организации поверхностного и внутрипочвенного стока. Поэтому особое внимание здесь следует обращать на выполнение гидротехнических мероприятий, ускоряющих сток избыточной гравитационной влаги из поверхностных горизонтов. Этому способствует устройство глубоких ложбин или мелких каналов, выводящих воду из западин, поглощающих колодцев-шлюкеров. Эта группа мероприятий наиболее эффективна на почвах, относящихся к варианту с локально-застойной аккумуляцией влаги в двучленных супесчано-суглинистых отложениях.

К почвам со вторым типом аккумуляции застойной влаги следует отнести так же и ограниченно распространенные в Нечерноземье пойменные суглинисто-глинистые почвы, оструктуренные с поверхности. Этот суглинисто-глинистый вариант второго типа характеризуется тем, что здесь структурные тяжелые горизонты залегают на плотных, близко лежащих к поверхности (0,3...0,5 м) слабОВОДПРОНИЦАЕМЫХ глеевых водоупорных слоях. В гидрологическом отношении наряду с перечисленным здесь могут оказаться весьма эффективными глубокое рыхление, а также система агрономических мероприятий, направленных на организацию и ускорение поверхностного стока: профилирование, гребневание, грядование, узкозагонная пахота. Очевидно, что их применение целесообразно только при близком залегании к дневной поверхности водоупорного бесструктурного глинистого горизонта.

Третий — *двухъярусный* — тип застойной аккумуляции влаги

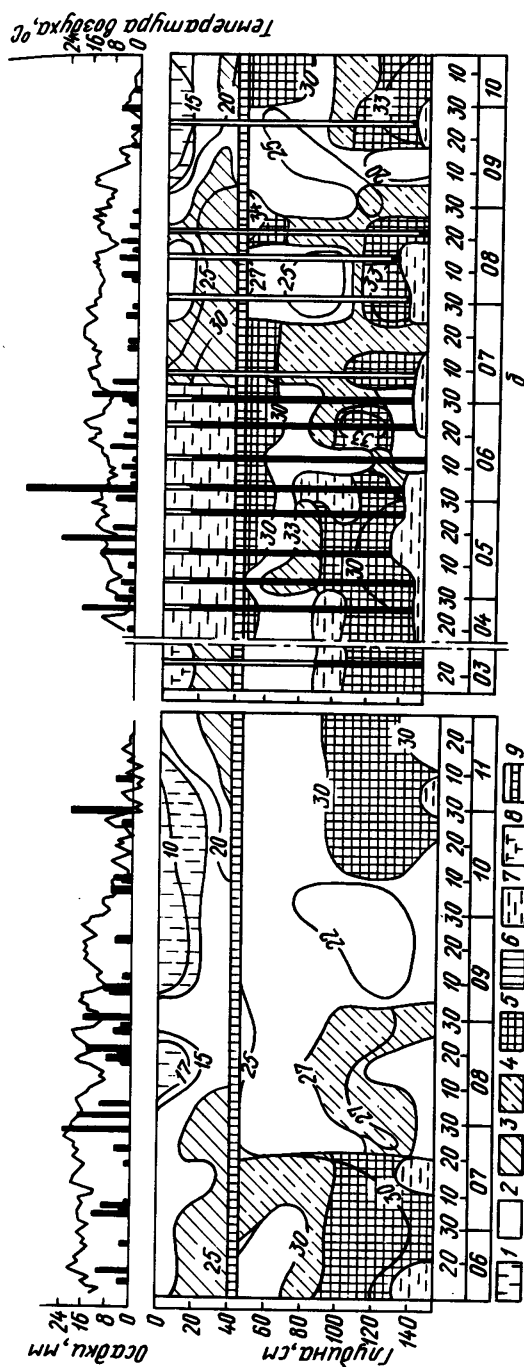


Рис. 5.7. Основные элементы водного режима заболоченных дерново-подзолистых глееватых почв на маломощном двуучасте в средние по влажности (а) и влажные (б) годы. Пример локального типа аккумуляции застойной влаги; гидролого-литологический вариант – локально-застойный на двухучастных песчано-глинистых отложениях. (Северо-запад Московской области, Веригинский метиоративный почвенно-гидрологический стационар). Категории влажности:

1 – ВЗ...ВРК; 2 – ВРК...ЛПВ; 3 – ЛПВ...0,8ПВ; 4 – ЛПВ... ± 5 % ЛПВ; 5 – ЛПВ...ПВ; 6 – 0,8ПВ...ПВ; 7 – ПВ (верховодка); 8 – мерзлота; 9 – граница супесчаных и суглинистых слоев

свойствен почти всем средне-тяжелосуглинистым и глинистым заболоченным почвам Нечерноземья. Его первый литолого-гидрологический вариант — двухъярусный застой гравитационной влаги на почвах, приуроченных к тяжелым покровным, моренным, озерно-ледниковым, пермским суглинкам и глинам с K_f подпахотных горизонтов менее 0,3 м/сут. Причина формирования двухъярусной верховодки определяется особенностями физических свойств таких почв. Гравитационная влага, поступая в поверхностные горизонты почвенного профиля, затем мигрирует в более глубокие слои по сложной сети межагрегатных трещин. При этом структурные отдельности поверхностных слоев иллювиальных горизонтов, обычно покрытые натечным илом (кутанами), не подвергаются сплошному обводнению. Причина этого явления связана с тем, что структурные тонкопористые отдельности содержат значительный объем воздуха, защемленного внутри агрегатов. Он препятствует активному проникновению гравитационной влаги внутрь агрегата. В результате вода поступает по крупным влагопроводящим порам (трещинам, корневым ходам, норкам землероев) в глубь почвенного профиля и накапливается в нижних горизонтах, где структурные отдельности имеют менее интенсивную глинистую "облицовку" или она отсутствует вообще. Кроме того, в нижних слоях профиля гравитационная влага дольше взаимодействует с защемленным воздухом, растворяет его и заполняет освободившуюся порозность. Формируется второй, нижний, ярус верховодки (рис. 5.8).

Глинистые почвы с двухъярусной аккумуляцией застойной гравитационной влаги обычно обладают низкими коэффициентами фильтрации (менее 0,05 м/сут), выраженными водоупорными слоями в подпахотной толще. Они отличаются контрастным режимом влажности в годы с разным количеством осадков. Основной причиной заболачивания здесь обычно являются поверхностные, преимущественно намывные склоновые воды.

Наряду с двухъярусным залеганием верховодки в профиле почв на тяжелых породах им свойственны, как следует из изложенного, активная миграция гравитационной влаги по трещинам и контрастный режим увлажнения. Следует подчеркнуть, что на почвах с двухъярусной аккумуляцией застойной гравитационной влаги при коэффициентах фильтрации застойных горизонтов, равных или ниже 0,05 м/сут, дренаж, как правило, не является достаточным мероприятием для удаления избыточной влаги. Это особенно четко прослеживается во влажные годы, близкие к расчетным по количеству выпадающих осадков. В этом случае даже при наличии густой дренажной сети (через 10 м) в поверхностных горизонтах таких почв весной, осенью и летом после выпадения интенсивных осадков длительно сохраняются значительные аккумуляции застойной влаги, снижающие урожай растений, вызывающие вымочки и препятствующие нормальной работе сельскохозяйственной техники (рис. 5.9).

Двухъярусный характер верховодки объясняет агроэкологическую целесообразность использования здесь почти повсеместно комбинированных осушительных систем, основанных на обязательном соче-

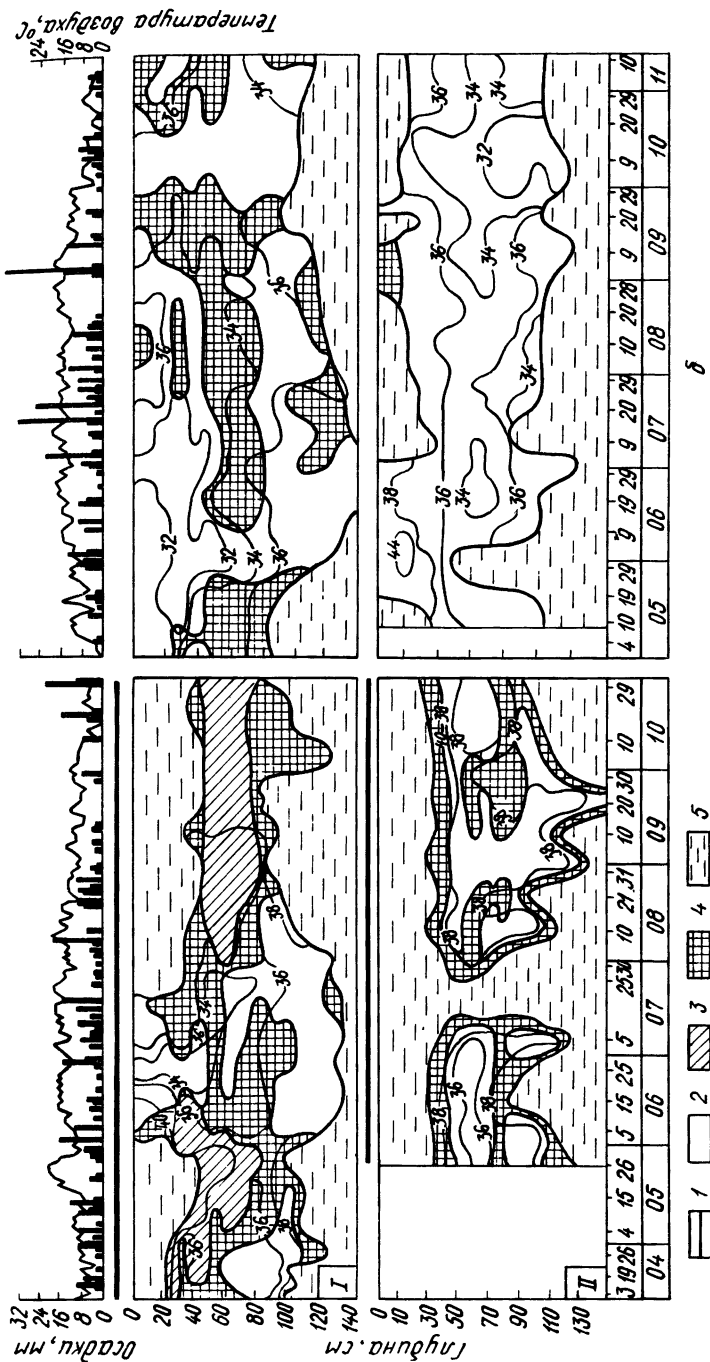


Рис. 5.8. Основные элементы водного режима заболоченных дерново-подзолистых глееватых (I) и глеевых (II) почв на покровных лесовидных легких глинах во влажные (а) и в средние по влажности (б) годы. Пример двухъярусного типа аккумуляции застойной влаги; гидролого-литологический вариант – двухъярусно-застойный на суглинисто-глинистых отложениях (Русский мелиоративный почвенно-гидрологический стационар). Категории влажности:

I – выше 75 % ПВ; 2 – ВРК...ППВ; 3 – ППВ...0,9ПВ; 4 – 0,9ПВ...ПВ; 5 – ПВ (верховодка)

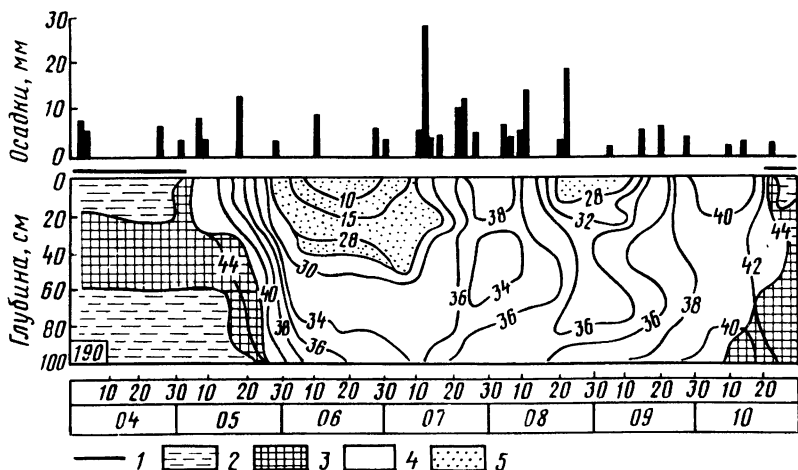


Рис. 5.9. Аккумуляция застойной влаги двухъярусного типа в дренированных дерново-подзолистых глееватых глинистых почвах на ленточных тяжелых глинах (мелиоративный почвенно-гидрологический стационар "Витка"). Категории влажности:

1 — равна (или выше) 75 % ПВ (влажность, при которой нарушается нормальная проходимость сельскохозяйственной техники); 2 — ПВ (верховодка); 3 — ППВ... ПВ; 4 — ВРК...ППВ; 5 — ВЗ...ВРК. Дренажные линии — через 10 м

тании гидротехнических, агромелиоративных и агрономических мероприятий. Значительные аккумуляции гравитационной влаги в поверхностных горизонтах профиля дренированных почв должны быть удалены с помощью мероприятий по организации и ускорению поверхностного и внутрипочвенного стоков. К первым относятся планировка, профилирование, грядование, гребневание, узкозагонная пахота. Внутрипочвенный сток может быть усилен путем кротования и глубокого мелиоративного рыхления.

В условиях поверхностного заболачивания действие мелиоративных систем на почвах, обладающих двухъярусным застоем гравитационной влаги, проявляется локально, не распространяясь на ландшафт в целом. В связи с присущими им физическими свойствами (низкими фильтрацией, водоотдачей, активной порозностью и др.) коллекторы и магистральные каналы в этих условиях выполняют лишь транспортирующую роль и заметно не влияют на изменение уровня верховодки.

Второй литолого-гидрологический вариант двухъярусного типа аккумуляции гравитационной влаги встречается в почвах с двучленным строением профиля при залегании тяжелого насоса на легком. Этот вариант имеет весьма ограниченное распространение, и его гидрология в настоящее время остается неизученной.

Четвертый — *поверхностный* — тип застойной аккумуляции гравитационной влаги имеет двойной генезис. В естественных условиях он наиболее отчетливо проявляется в почвах на породах тяжелого ме-

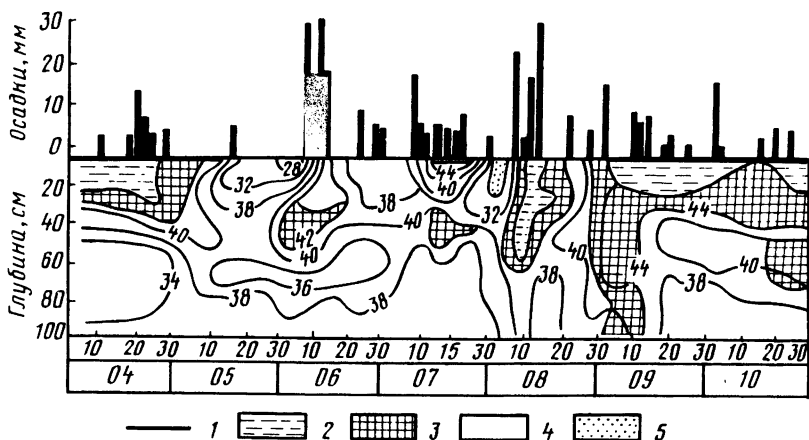


Рис. 5.10. Основные элементы водного режима дерново-подзолистых неоглеенных почв на тяжелых ленточных глинах. Пример поверхностного типа аккумуляции застойной влаги; гидролого-литологический вариант – поверхностно-застойный на глинистых отложениях (преимущественно на озерно-ледниковых глинах (Новгородская область, мелиоративный почвенно-гидрологический стационар "Витка"). См. условные обозначения к рис. 5.9

ханического состава. Обычно это автоморфные или слабогидроморфные почвы на покровных, озерно-ледниковых и иных породах. В таких почвах, как правило, интенсивно выражены явления лессиважа, и здесь может формироваться наименее водопроницаемый плотный иллювиальный горизонт с предельно низкими значениями K_f . Так, в дерново-подзолистых почвах на ленточных глинах в иллювиальном (подпахотном) горизонте по отношению к почвообразующей породе аккумуляция (вынос) частиц $< 0,001$ мм в дерново-подзолистых неоглеенной, слабogleевой, глеевой и глеевой почвах составляло соответственно + 14, - 4, - 13 и - 9, а K_f в горизонтах A_p и B_1 был равен: 0,03; 0,48; 0,11; 0,22 и 0,001; 0,21; 0,019; 0,27 м/сут.

Таким образом, в тяжелых неоглеенных глинистых почвах коэффициент фильтрации поверхностных горизонтов оказывается более чем на порядок ниже, чем в интенсивно оглеенных почвах. Именно на этом водоупоре аккумулируется застойная влага, которая в почвах на ленточных глинах (рис. 5.10) и на других слабопроницаемых породах может быть причиной снижения урожая. Поэтому на почвах с поверхностным типом аккумуляции застойной влаги могут оказаться целесообразными только агро-мелиоративные мероприятия по ускорению поверхностного стока или в некоторых случаях в сочетании с ними осушение с применением гидротехнических мероприятий на автоморфных почвах. Последнее может наблюдаться на почвах с экстремально низкими значениями K_f в условиях влажного приморского климата, например в прибалтийской провинции дерново-подзолистых почв.

Наряду с таким естественным литолого-гидрологическим вариантом поверхностного типа аккумуляции застойной влаги, встречающимся главным образом в почвах на тяжелых глинистых породах с хорошо выраженными слабоводопроницаемыми иллювиальными горизонтами, существует и получает все большее распространение другой антропогенный вариант этого типа. Его генезис связан с уплотнением подпахотных горизонтов современной тяжелой сельскохозяйственной техникой. Поскольку действие этого фактора повсеместно, в настоящее время возникновение поверхностного антропогенного типа аккумуляции застойной влаги можно обнаружить в почвах практически на любых по гранулометрическому составу почвообразующих породах, в том числе на супесчаных и особенно на торфяных. Действие такого уплотнения оказывается весьма интенсивным. По данным И. С. Рабочева, П. У. Бахтина и других авторов (1980), на суглинистых и супесчаных дерново-подзолистых почвах оно распространяется соответственно на глубину 80 и 60 см при трех-четыреждыкратном проходе тяжелых тракторов.

В результате техногенного уплотнения происходят не только неблагоприятные изменения физических свойств почв и их водного режима, но и существенно трансформируется гидрология ландшафта в целом. Причина такого явления заключается в том, что переуплотнение и возникновение поверхностных аккумуляций застойной влаги увеличивают на водосборе поверхностный сток. Это, в свою очередь, приводит к нерасчетному увеличению притока воды к дренажным системам, их перегрузке и неэффективной работе в критические периоды. В результате возникает необходимость в сгущении дренажа, увеличении диаметра коллекторной сети, в целом — в усилении канализации территории. При этом возрастает стоимость мелиоративных систем на заболоченных почвах.

В заключение следует обратить внимание на возможность перехода в результате действия вторичных антропогенных причин одного типа в другой. Например, появление в результате интенсивного уплотнения почв с поверхностным застоем гравитационной влаги там, где ранее преобладал двухъярусный тип аккумуляции или были распространены вообще не заболоченные почвы, без признаков выраженного гидроморфизма. В последнем случае об этом обычно свидетельствует возникновение уплотненного оглеенного подпахотного горизонта в профиле почв, ранее свободных от признаков гидроморфизма. Тем не менее, несмотря на известную условность, выделение рассмотренных выше четырех типов аккумуляции застойной влаги, тесно связанных с генезисом почв и почвообразующих пород, их гранулометрическим составом и причинами заболачивания, создает необходимые предпосылки для систематизации мероприятий, направленных на оптимизацию их водного режима. На этой основе возникают условия для детализации конструктивных особенностей осушительных систем и систем двустороннего регулирования водного режима почв избыточно увлажненных территорий.

Вместе с тем эти сведения не позволяют судить о целесообразности осушения минеральных почв разной степени заболоченности. Эта проблема нуждается в специальном рассмотрении, поскольку минеральные заболоченные почвы являются и будут оставаться в дальнейшем основным объектом мелиорации в Нечерноземье. В основе решения этого актуального вопроса лежит принципиально новый подход, предложенный ранее (Зайдельман, 1987). Он получил название *эколого-гидрологический метод оценки целесообразности осушения минеральных почв*. Ниже рассматриваются принципиальные положения этого метода и разработанная на его основе классификация почв.

5.4. ЭКОЛОГО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ПРИНЦИП КЛАССИФИКАЦИИ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВ ПРИ ОЦЕНКЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИХ ОСУШЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

5.4.1. Общие положения

В генетической, мелиоративной и сельскохозяйственной практике построения прикладной классификации минеральных почв в настоящее время существует два направления. Первое, традиционное, не связано с мелиоративной оценкой почв, в которой минеральные почвы дифференцируют только по внешним *морфологическим* особенностям без анализа их гидрологии и особенностей, определяющих развитие растений (особенно сельскохозяйственных культур). Второе, новое, *эколого-гидрологическое*. Его развитие и практическое применение определяются тем, что мелиорация прежде всего влияет на водный режим почв с целью создания благоприятных условий для роста и развития растений. Поэтому, приступая к глубокой трансформации водного режима почв с помощью мелиоративных мероприятий для оптимизации агроэкологических условий, необходимо не только знать особенности их гидрологии, но и достаточно четко представлять взаимосвязь режима с продуктивностью почв.

Сущность эколого-гидрологического подхода заключается в том, что выделение отдельных видов почв по степени заболоченности должно быть реализовано в результате анализа водного режима и продуктивности непрерывных рядов почв, заключающих в себе все возможное разнообразие видов разной степени гидроморфизма (обычно от водоразделов с автоморфными почвами до плакоров или низин, образованных почвами болот). На основе таких данных, полученных в результате многолетних стационарных исследований каждой группы почв, выделяют виды по степени заболоченности, значимо различающихся в мелиоративном и агрономическом отношении по особенностям водного режима и продуктивности. Для таких индивидуальных в эколого-гидрологическом отношении видов затем разрабатывают диагностику (полевую и аналитическую), основанную на морфологических и химических свойствах профиля почв. При выполнении работ по почвенно-мелиоративному картированию используют только эти диагностические критерии, позволяющие интерполировать установленную ранее

в ходе стационарных исследований эколого-гидрологическую характеристику каждого вида почв на аналогичные по генезису, составу и свойствам почвы других мелиоративных объектов в границах почвенно-географической провинции.

При рассмотрении затронутой проблемы¹ необходимо уточнить и дать определения некоторым основным понятиям.

5.4.2. Терминология и основные понятия, связанные с эколого-гидрологическим принципом классификации почв

При оценке минеральных почв как объекта мелиорации их следует прежде всего подразделить на две важные в прикладном отношении общности — автоморфных и гидроморфных почв.

К *автоморфным* относят такие почвы, которые не испытывают длительного застоя влаги в горизонтах почвенного профиля и не несут устойчивых признаков гидроморфизма (главным образом в виде морфохроматических признаков оглеения) в толще верхних 1,3 м. Поэтому к автоморфным относят преимущественно зональные типы и подтипы почв умеренного пояса — выщелоченные черноземы, серые лесные, дерново-подзолистые и подзолистые почвы, а также бурые, дерново-карбонатные, рихтовые почвы, подбуры высоких широт, отличающиеся хорошим дренажем, пойменные дерновые зернистые и слоистые неоглеенные почвы. Все эти почвы, как правило, могут быть успешно использованы в земледелии без дренажа. Для улучшения их водного режима достаточно применения агрономических мероприятий и орошения.

К *гидроморфным* относят почвы, формирование которых сопровождается застоем влаги и появлением в их профиле отчетливых признаков гидроморфизма; они, естественно, распадаются на две группы — минеральные и органогенные (торфяные) почвы.

Минеральные гидроморфные почвы — почвы, несущие устойчивые признаки гидроморфизма в виде холодной окраски горизонтов, возникающей при оглеении, специфических железистых, железисто-марганцовистых, гумус-алюминиевых и карбонатных новообразований, накопления грубого гумуса или оторфованности и др. Минеральные гидроморфные почвы характеризуются периодическим или постоянным насыщением влагой отдельных горизонтов или всего профиля и формируются в условиях нормального или повышенного увлажнения в результате поступления вод различного происхождения (атмосферных, намывных склоновых, намывных русловых; грунтовых и грунтово-напорных).

Степень гидроморфизма характеризует относительную интенсивность проявления морфологических признаков почвенного гидроморфизма. В настоящее время используют семь основных морфологических признаков для диагностики степени гидроморфизма: 1) морфохроматические признаки оглеения профиля в целом; 2) наличие, цвет и мощность элювиальных (подзолистых) горизонтов, кремнеземистая присыпка; 3) окраска кутан иллювиальных горизонтов; 4) специфические

конкреционные новообразования — марганцовистые, железисто-марганцовистые, железистые, гумус-алюминиевые, карбонатные, железисто-карбонатные, глинисто-карбонатные; 5) неконкреционные новообразования зон железисто-, гумус-железистой и гумус-железисто-алюминиевой цементации; 6) неконкреционные аморфные (железистые, марганцовистые и карбонатные) новообразования; 7) грубогумусное и оторфованное органическое вещество почв.

Кроме этих семи морфологических признаков, существует ряд количественных аналитических характеристик, которые также могут быть использованы для диагностики почвенного гидроморфизма.

При оценке цветовых признаков оглеения следует иметь в виду их определенные различия в зависимости от характера почвообразующих пород. На легких (песчаных, супесчаных флювиогляциальных, моренных, аллювиальных) породах при оглеении обычно возникают тона светло-серой, белесоватой и сизовато-белесой окраски; на карбонатных породах при оглеении формируются сизо-серые, голубоватосизые, иногда зеленовато-сизые тона. На кислых суглинистых отложениях — сизые, серые оттенки. Вместе с тем следует подчеркнуть, что минеральные гидроморфные почвы могут и не нести устойчивые цветовые (морфохроматические) признаки оглеения. Цветовые признаки оглеения являются весьма *распространенным, но не исключительным* морфологическим признаком минеральных гидроморфных почв. Так, на карбонатных моренных и других отложениях с высоким содержанием извести широко представлены минеральные гидроморфные почвы, не несущие четких морфохроматических признаков оглеения, но отличающиеся длительным обводнением в теплый период, накоплением в поверхностных слоях грубого гумуса и их заметным оторфованием.

В мелиоративном и агрономическом отношении важно то, что нередко (но не всегда), особенно на начальных этапах проявления признаков гидроморфизма, минеральные гидроморфные почвы можно успешно использовать без дренажа. При этом в ряде случаев на таких почвах могут быть получены более высокие урожаи сельскохозяйственных культур, чем на автоморфных почвах. Поэтому, исходя из задач мелиоративного и агрономического производства, необходимо ввести понятие о заболоченности почв, заболоченных почвах и степени заболоченности.

В сельскохозяйственном и мелиоративном смысле *заболоченность* — экологическое (агроэкологическое) *состояние* почв разного генезиса и состава, обусловленное их режимом. Оно определяет свойства почв как среды обитания естественных и культурных растений. Синонимами термина "заболоченность" почв являются, таким образом, "экологическое переувлажнение", "экологическое избыточное увлажнение" почв (для сельскохозяйственных культур, лесных насаждений и др.).

Заболоченными следует называть такие минеральные почвы, в которых анаэробный период, обусловленный длительным застоем влаги, столь продолжителен, что затрудняет или исключает рост и развитие сельскохозяйственных культур. Сельскохозяйственное исполь-

зование заболоченных почв возможно только после удаления избыточной гравитационной влаги с помощью осушения. К заболоченным почвам с максимальной мощностью торфа относят почвы, у которых органогенные горизонты до осушения не превышают 30 см.

Степень заболоченности — эколого-гидрологическое состояние почвы, определяющее необходимость применения осушения при возделывании различных групп районированных сельскохозяйственных культур. Поэтому в агрономическом и мелиоративном смысле почва не заболочена, если эколого-гидрологические условия благоприятны для ведения сельскохозяйственного производства без осушения независимо от того, обладает или не обладает ее профиль морфологическими признаками гидроморфизма. Почва может нести четкие признаки гидроморфизма, и вместе с тем ее эколого-гидрологические условия будут оставаться благоприятными для роста и развития культур. Такая почва является незаболоченной, т. е. экологически не переувлажненной.

Вместе с тем почва может и не обладать отчетливыми признаками гидроморфизма и тем не менее в агрономическом и мелиоративном смысле быть безусловно заболоченной. Обычно заболоченные почвы относятся к почвам гидроморфного ряда, т. е. обладают определенными признаками гидроморфизма. Поэтому чаще всего заболоченные почвы представляют собой ту часть почв гидроморфного ряда (или все гидроморфные почвы), использование которых для возделывания определенных групп или всех культур невозможно без осушения.

Для обозначения почв разной степени заболоченности независимо от их генезиса, состава и причин заболачивания принята унифицированная номенклатура, предложенная в "Классификации и диагностике почв СССР". Почвы Нечерноземной зоны подразделяют на неоглеенные, глубокооглеенные, глееватые и глеевые. При этом к *неоглееным* всегда относят почвы, в которых четкие признаки морфохроматического оглеения находятся глубже 1,3 м.

Если почвы отличаются низкой водопроницаемостью и признаки оглеения первоначально формируются не в глубоких, а преимущественно в поверхностных слоях профиля, то вводят термин *слабоглееватые* почвы, который для почв на тяжелых или двучленных маломощных породах обычно заменяет термин "глубкооглеенные почвы". Наконец, этот термин (слабоглееватые почвы) используют и в тех случаях, когда необходимо выделить самостоятельный в экологическом отношении вид почв, занимающий промежуточное положение между глубокооглеенными и глееватыми видами.

Следует иметь в виду, что, несмотря на общность номенклатуры, эти почвы обычно обладают четкими эколого-гидрологическими различиями и строго индивидуальной системой диагностических признаков, свойственных каждой *группе почв* определенного генезиса, причин заболачивания и состава.

При их полевой диагностике необходимо использовать не один признак гидроморфизма (например, оглеение профиля), а всю гамму признаков, свидетельствующую о гидроморфизме почв. Особое значение имеют генетические горизонты почвенного профиля, отражаю-

щие характер и степень гидроморфизма, положение и интенсивность его проявления.

Следует, однако, отметить, что традиционная терминология, принятая в "Классификации и диагностике почв СССР", не достаточна для характеристики степени заболоченности почв по двум причинам. Во-первых, потому, что существуют почвы без четких признаков оглеения, но избыточно увлажненные в агроэкологическом смысле. Применительно для таких почв целесообразно введение новых терминов, например слабо-, средне- и сильнозаболоченные. Такая терминология может получить применение в первую очередь для гидроморфных, но не оглеенных почв на сильнокарбонатных породах. Во-вторых, возникают затруднения при сопоставлении почв разной степени заболоченности на разных почвообразующих породах. Поэтому следует ввести представление о едином для всех групп почв *индексе степени заболоченности* как количественном показателе их агроэкологического избыточного увлажнения. Наконец, здесь и далее *мелиоративной группой почв* называют однотипные или близкие по генезису почвы, приуроченные к одной и той же почвообразующей породе, увлажняемые или заболоченные одними и теми же гидрологическими факторами.

5.4.3. Эколого-гидрологический принцип классификации минеральных почв по степени заболоченности

Целесообразная в агрономическом и мелиоративном отношениях классификация почв по степени заболоченности должна прежде всего отражать их особенности как среды обитания сельскохозяйственных растений. Поэтому правильный выбор объектов мелиорации в Нечерноземной зоне, определение их границ, предотвращение переувлажнения и пересушки почв, рациональное размещение капиталовложений на строительство дренажа должны базироваться на такой классификации почв.

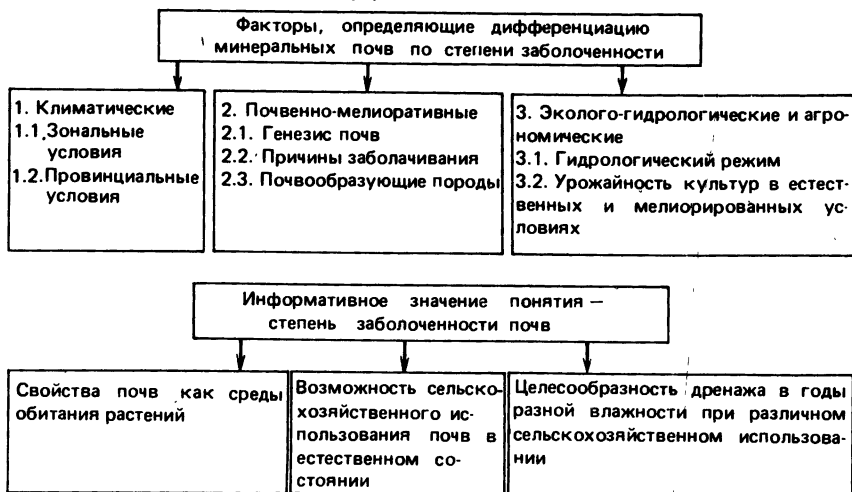
Классификация почв по степени заболоченности и оценка целесообразности их осушения должны рассматриваться:

- 1) в связи с причинами заболачивания;
- 2) для почв, однородных в отношении генезиса и причин заболачивания, дифференцированно по их приуроченности к почвообразующим породам различного генезиса и состава для климатических провинций каждой природной зоны и подзоны;
- 3) в ряду лет, включающих влажные годы, и для ряда почв, отличающихся разной степенью гидроморфизма;
- 4) при условии обязательной оценки урожая районированных культур каждого вида почв, анализа их режима в естественном и мелиорированном состояниях.

Факторы дифференциации почв по степени заболоченности и ее информативное значение приведены на схеме 5.

Классификация почв по степени заболоченности основана на анализе гидрологического режима почв, их агроэкологических особенностей. Она создает основу для количественной оценки важнейших свойств

**Факторы дифференциации почв по степени заболоченности и ее
информативное значение**



почв и их режима, определяющих целесообразность применения агро-мелиоративных и гидротехнических средств осушения, и этим принципиально отличается от классификации по степени гидроморфизма, основанной на анализе только морфологии почв. Таким образом, при классификации почв по степени заболоченности необходима их характеристика по трем следующим параметрам: 1) возможность сельскохозяйственного использования почв в естественном состоянии; 2) целесообразность осушения; 3) диагностика степени заболоченности по признакам гидроморфизма.

Следует обратить внимание на ряд *общих* положений, актуальных при разработке классификации почв по степени их заболоченности для любых регионов зоны повышенного увлажнения.

Во-первых, почвы могут обладать четкими признаками гидроморфизма и вместе с тем сохранять благоприятные или оптимальные экологические условия для роста, развития и формирования урожая всех или большинства сельскохозяйственных культур, т. е. не быть заболоченными в агрономическом и мелиоративном отношении.

Во-вторых, почвы могут обладать лишь слабыми признаками гидроморфизма и тем не менее являться несомненно заболоченными.

В-третьих, степень заболоченности почв относительна, поскольку она обусловлена, с одной стороны, гидрологическим режимом почв, а с другой — требованиями различных групп растений к экологическим условиям. Поэтому определенные минеральные гидроморфные почвы могут рассматриваться как заболоченные при оценке их экологических условий в связи с размещением одних культур (например, садов, озимых зерновых), однако эти же почвы могут оказаться незаболоченными при рассмотрении их свойств для размещения культур-

ных лугов, пастбищ и других угодий или культур. Только такая оценка заболоченности минеральных почв может обеспечить их целесообразную мелиорацию и эффективное сельскохозяйственное использование.

Вместе с тем для диагностики почв по степени заболоченности, очевидно, следует всегда использовать стабильные признаки гидроморфизма.

В-четвертых, диагностика и классификация почв, построенные на эколого-гидрологической основе, не исключают и не снижают, а, напротив, повышают значимость морфологических полевых исследований, делают их более информативными, так как появляется возможность раскрыть существующие взаимосвязи между морфологией почв и их режимом.

Наконец, в-пятых, поскольку для классификации почв по степени заболоченности необходимо получение новой информации по характеристике морфогенетических свойств почв, их режимов, возможности использования в естественных условиях и целесообразности осушения, она является дальнейшим развитием общегенетической классификации почв гумидных ландшафтов.

Диагностика каждой группы почв должна быть дана для видов, образующих непрерывный ряд, т. е. так, как обычно встречаются такие почвы в естественных условиях.

Поскольку минеральные гидроморфные почвы представляют непрерывный ряд видов с нарастающей степенью проявления признаков гидроморфизма, задача прикладной диагностики и классификации заключается в том, чтобы выделить виды почвы с такими интервалами этих признаков, которые отражают *тождественные или близкие* их гидрологические, производственные и экологические особенности. Поэтому каждый вид почв следует характеризовать определенным интервалом морфогенетических и химических признаков, заключенных между признаками граничных видов.

5.4.4. Индекс степени заболоченности минеральных почв

Индекс степени заболоченности (ИСЗ) позволяет количественно сопоставить степень заболоченности данного вида в ряду почв одной мелиоративной группы. Кроме того, с его помощью появляется возможность их простого сопоставления и сравнительной оценки на разных по генезису и составу почвообразующих породах по потребности в осушении. Для количественной оценки степени заболоченности почв и целесообразности их осушения в явном, а не скрытом виде, как это принято в настоящее время, предлагается в прикладных классификациях ввести ее характеристику непосредственно в наименование почвы. Это удобно сделать с помощью специального ИСЗ, придав ему цифровую форму. Индекс степени заболоченности следует располагать после полного наименования почвенной разновидности (например, дерново-сильноподзолистая глееватая супесчаная почва, ИСЗ-3). Шкала ИСЗ составлена на основе анализа эколого-гидрологических особенностей основных групп почв, она отражает возможность их использова-

ния в естественном состоянии и необходимость осушения. Приведенные индексы разработаны для условий влажного года с расчетной обеспеченностью осадками.

Индекс степени заболоченности (ИСЗ) минеральных почв европейской территории Нечерноземной зоны РСФСР и целесообразность их осушения при сельскохозяйственном осушении

ИСЗ	Целесообразность осушения
0	Нецелесообразно при любом использовании
1	Только для садов*
2	Для садов и (или) озимых (в поймах — для садов и теплолюбивых пропашных)
3	Для садов, озимых зерновых, картофеля
4	Для садов, озимых зерновых, картофеля и пастбищ
5	Для садов, всех зерновых, картофеля, пастбищ
6	Для садов, всех зерновых, картофеля, овощных, льна, пастбищ
7	Для садов, всех зерновых, картофеля, овощных, льна, пастбищ, культурных сенокосов
8	При любом использовании, кроме улучшенных сенокосов
9	При любом использовании, кроме естественных сенокосов**

* Садовые деревья с глубокой корневой системой.

** Здесь и далее дана оценка возможности размещения без осушения на оглеенных почвах сенокосов. Различают три вида сенокосов: 1. Сенокосы естественные. Видовой состав — преимущественно влаголюбивые злаковые травы. На водоразделах — лисохвост, тимфеевка, единично щучка, редко клевер белый и другие устойчивые к переувлажнению компоненты. В поймах — канареечник, бекмания, вейник. 2. Сенокосы улучшенные. Видовой состав — преимущественно влаголюбивые злаковые травы, подсеянные при поверхностном улучшении естественного сенокоса. В центре Нечерноземной зоны на водораздельных участках — преимущественно тимфеевка. В поймах — тимфеевка, бекмания, канареечник. 3. Сенокосы культурные, на которых можно возделывать посевы злаковых и бобовых трав. В центре Нечерноземья — обычно культура травосмеси клевера и тимфеевки или частые посевы клевера (клевер красный, клевер розовый), причем бобовые на таких сенокосах не испытывают угнетения от переувлажнения.

Таким образом, рекомендуемое цифровое выражение степени заболоченности позволяет производить сравнительную характеристику почв по этому важнейшему параметру и сопоставлять целесообразность их осушения независимо от приуроченности к тем или иным почвообразующим породам и климатическим условиям (табл. 31). Этот способ характеристики степени заболоченности целесообразен как при крупномасштабных картографических работах, так и для мелкомасштабных мелиоративных схем и технико-экономических обоснований перспектив развития мелиоративного и сельскохозяйственного производства в Нечерноземье.

Как следует из приведенных данных, все почвы независимо от их генезиса, гранулометрического состава, причин заболачивания, окультуренности и других признаков дифференцируют на 10 групп. Первая объединяет почвы, гидрологический режим которых позволяет возделывать все сельскохозяйственные культуры, районированные в пределах рассматриваемого региона. Иначе экологическое переувлаж-

нение сельскохозяйственных культур на этих почвах в годы расчетной обеспеченности (10 %) исключено. Эта группа почв имеет ИСЗ = 0. Последняя группа с ИСЗ = 9 объединяет почвы, в которых экологическое переувлажнение во влажные годы исключает возможность возделывания всех сельскохозяйственных культур. Единственная возможность их использования в годы с обеспеченностью осадками 10 % — размещение естественных сенокосов. Остальные восемь групп почв отличаются тем, что в них постепенно возрастает продолжительность экологического переувлажнения и закономерно сокращается набор культур, способных выдерживать без ущерба для урожая прогрессивно увеличивающийся анаэробный период в годы расчетной обеспеченности.

Шкала ИСЗ подчеркивает также и то существенное обстоятельство, что почвы начальных стадий заболачивания Нечерноземья обычно можно широко вовлекать в сельскохозяйственное производство без осушения. Их индекс степени заболоченности при этом не превышает 0...2. Вместе с тем в этом регионе существует определенная группа почв со слабо выраженными признаками гидроморфизма (см. табл. 31, пп. 3 и 6), но высокими значениями ИСЗ (2...6). В этих случаях при размещении полевых севооборотов осушение обычно оказывается необходимым.

Таким образом, индекс степени заболоченности позволяет судить о целесообразности осушения почв с естественным водным режимом. Достоинство этого метода — возможность его использования и для осушенных почв объектов реконструкции, обладающих вторичным водным режимом. В этом случае, очевидно, необходимы сведения об урожайности сельскохозяйственных культур в пределах мелиорированного массива. Для расширения ареала применения метода характеристики степени заболоченности ранее осушенных почв по ИСЗ целесообразно его сочетание с морфологической диагностикой почвенного профиля.

5.4.5. Агроэкологические особенности гидрологического режима почв разной степени заболоченности, их продуктивность в годы разной влажности и целесообразность осушения

Сведения о водном режиме почв покровно-моренных, покровных, моренных, озерно-ледниковых, полесских и пойменных ландшафтов, а также европейских ополей, полученные нами ранее (Зайдельман, 1985), позволили выделить значимые в прикладном отношении виды почв, разработать их диагностику и классификацию, дать оценку возможности сельскохозяйственного использования почв разной степени заболоченности в годы различной влажности в условиях естественного режима и целесообразности их осушения в годы расчетной обеспеченности. При этом в качестве расчетных имелись в виду годы с 10 %-ной обеспеченностью осадками теплого периода. Таким образом, для каждого вида почв перечисленных ландшафтов южной тайги были решены три задачи (см. с. 122): 1) разработана диагностика по морфологическим и химическим признакам; 2) установлено на основе анализа водного

31. Индекс степени заболоченности почв основных сельскохозяйственных территорий Европейского Нечерноземья

Степень заболоченности	Индекс степени заболоченности светло-бурых, дерново-подзолистых и болотно-подзолистых почв на					
	1) мощных флювиогляциальных супесей и песках	2) среднемо мощных флювиогляциальных супесей и песках	3) мало мощных флювиогляциальных супесей и песках	4) легко- и среднемо мощных флювиогляциальных супесей и песках	5) тяжелосуглинистых и глинистых покровных лесовидных отложениях	6) тяжелых ленточных (лимниогляциальных) глинах
Неоглеенные	0	0	0	0	0	2
Глубокооглеенные	0	0	6	0	1	—
(или слабоглееватые)						
Слабоглееватые	—	2	—	4	—	6
Глееватые	3	6	8	5	7	8
Глеевые	7	9	9	7	9	9

Индекс степени заболоченности почв

Степень заболоченности	7) серых лесных и серых лесных оп-тяжелых покров-ных лесовидных отложениях	Степень заболоченности	8) дерново-кар-бо-глеевых на гли-нистом элювии пермских карбо-натных пород	Степень заболоченности	9) пойменных бу-рых дерновых зернистых юга лес-ной зоны на гли-нистом аллювии	Степень заболоченности	10) пойменных черноземовид-ных зоны широ-колистных лесов на глини-стом аллювии
Неоглеевая	0	Выщелоченная	0	Неоглеевая	0	Неоглеевая	0
Оподзоленная	0	Сильновыщелоченная	0	Глубокооглеевая	1	Глубокооглеевая	1
Слабоглеевая	2					Слабоглеевая	2
Глеевая	8	Глеевая	6	Глеевая	6	Глеевая	6
Глеевая	9	Глеевая	8	Глеевая	9	Глеевая	7
		Перегнойно-глеевая	9	Лугово-бо-лотная	9	Лугово-бо-лотная	9

режима и урожайности культур возможное и целесообразное сельскохозяйственное использование в годы разной влажности; 3) раскрыта необходимость осушения почв разной степени заболоченности при их различном сельскохозяйственном использовании в расчетные годы.

Вместе с тем остается нераскрытым водный режим весьма распространенной и перспективной в сельскохозяйственном отношении группы почв Западного Предуралья на карбонатном элюво-делювии пермских отложений. Чтобы восполнить этот пробел и одновременно на конкретном примере показать принцип эколого-гидрологического подхода к построению классификации и диагностики почв для решения агрономических и мелиоративных задач, остановимся на кратком рассмотрении новых данных, отражающих особенности этих заболоченных почв вятско-камской провинции южнотаежной подзоны.

5.4.5.1. Эколого-гидрологические особенности минеральных почв вятско-камской провинции на пермских отложениях и оценка целесообразности их осушения

Изложенные в предыдущем разделе сведения об эколого-гидрологических особенностях почв Европейского Нечерноземья относятся к мелиоративным группам, приуроченным к ледниковым и постледниковым почвообразующим породам Русской равнины в пределах прибалтийской и среднерусской провинций дерново-подзолистых почв южной тайги и к зоне широколиственных лесов.

Обширные массивы плодородных земель Предуралья и в пределах вятско-камской провинции южнотаежной подзоны на дочетвертичных породах — глинистом карбонатном элювии и элюводелювии пермских красноцветов — до последнего времени не были изучены в мелиоративном почвенно-гидрологическом отношении. В этой связи в 1983—1985 гг. были получены новые данные (Зайдельман, Старцев, 1987).

Исследования выполняли в Кировской области на территории Котельничского мелиоративного почвенно-гидрологического стационара. Изучали водный режим дерново-карбонатных неоглеенных слабо- и сильновыщелоченных, дерново-глееватых, дерново-глеевых и перегнойно-глеевых почв и их продуктивность. Исследованные почвы формируют покров единой в геохимическом отношении катены, приуроченной к первой правобережной надпойменной террасе р. Вятка, на глинистом карбонатном элювии пермских красноцветных сланцев. Неоглеенные почвы расположены на повышенных элементах рельефа, верхних и средних частях склонов. Дерново-глееватые занимают нижние трети склонов и слабодренированные плоские пространства. Дерново-глеевые и перегнойно-глеевые формируются в замкнутых понижениях. Почвы увлажнены или заболочены поверхностными водами.

В профиле неоглеенных почв признаки гидроморфизма и оподзоленности отсутствуют. Лишь в горизонте A_p редко встречаются мелкие дробовидные ортштейны. Дерново-карбонатные почвы вскипают с глубины 50 см, сильно выщелоченные — 80 см. Иллювиальные горизон-

ты неоглеенных почв имеют отчетливую оструктуренность и характерную интенсивную темно-бурю окраску.

Для дерново-глееватых почв характерны меньшие интенсивность окраски профиля и общая мощность иллювиальных горизонтов (60 см). На поверхности отдельностей бурого слабооструктуренного горизонта $B1_g'$ — тонкие прерывистые красноватые кутаны. Бесструктурный горизонт $B2_{ca}$ имеет бледную красновато-палевую окраску. В горизонте $A1_g''$ слабые признаки гидроморфизма в виде обильных мелких марганцовистых пятен и слабозаметной сизоватой окраски. В горизонте A_p и $A1_g''$ встречаются темно-бурые (1...3 мм) ортштейны. Дерново-и перегнойно-глеевые почвы имеют характерный темный рыхлый гумусовый горизонт и под ним хорошо выраженный редуцированный глеевый (G_r) с темно-бурыми ортштейнами.

В глееватых и глеевых почвах граница сплошного вскипания находится на глубине 40 см. Почвы с такой морфологией распространены в Западном Предуралье на территории Кировской и Пермской областей, а также в Татарской, Башкирской и Удмуртской АССР, на востоке Горьковской области и в некоторых других районах Нечерноземья. В региональных списках почв их классификационное положение окончательно не установлено; разные авторы относят эти почвы к дерново-слабоподзолистым (Кликашев, 1958; Тюлин, 1976), коричневым и серо-коричневым (Неганов, 1938), коричнево-бурым (Коротаев, 1962; Протасов, 1982).

Почвы рассматриваемого ряда сформированы на близких или тождественных по гранулометрическому составу породах крупнопылеватого иловатом или иловато-крупнопылеватом тяжелом суглинке.

Особенностью неоглеенной почвы является аккумуляция илистой фракции в иллювиальных горизонтах, особенно над границей вскипания в горизонте $B2$ (50 %). Возможными причинами такой аккумуляции являются миграция илистых частиц из верхних горизонтов и их коагуляция на щелочном геохимическом барьере в иллювиальных горизонтах и повышение дисперсности первоначально содержащегося в горизонте материала в результате выщелачивания карбонатов.

С нарастанием заболоченности максимум содержания илистой фракции перемещается в оглеенные горизонты. На начальных стадиях оглеение вызывает уплотнение подпахотных горизонтов почв исследуемого ряда (табл. 32). Так, горизонт $A1 A2_g''$ дерново-глееватой почвы имеет более высокую плотность сложения ($1,55 \text{ г/см}^3$) и низкую общую порозность (42 %) по сравнению с подпахотными горизонтами неоглеенных почв.

Низкая плотность и высокая порозность иллювиальных горизонтов неоглеенных почв отмечались ранее (Тюлин, 1976). Они обусловлены хорошей оструктуренностью и трещиноватостью этих горизонтов. Ил мигрирует преимущественно по крупным ходам и трещинам, осаждаваясь на их стенках и поверхностях структурных отдельностей при резком скачке рН над границей вскипания. Просвет пор и трещин при этом, по-видимому, остается достаточно большим. Высокая порозность может быть связана также с процессами, сходными по природе с карс-

32. Некоторые физические свойства почв на пермском карбонатном элювии (Котельнический мелиоративный почвенно-гидрологический стационар, Кировская область)

Горизонт, мощность, см	Плотность твердой фазы, г/см ³	Плотность сложения, г/см ³ *	Порозность общая, %	Предельная полевая влагемкость, % объема	Порозность при ППВ, %
<i>Дерново-карбонатная выщелоченная почва, р. 301</i>					
<i>A_p 0...16</i>	2,60	1,33	48,8	39,8	9,0
<i>B1 16...35</i>	2,65	1,38	47,9	39,3	8,6
<i>B2 35...52</i>	2,68	1,25	53,4	42,7	11,0
<i>B3_K 52...70</i>	2,67	1,30	51,3	39,1	12,2
<i>BC_K 70...110</i>	2,68	1,53	42,9	34,7	8,2
<i>C_K 110...125</i>	2,70	1,67	38,2	32,4	5,8
<i>Дерново-карбонатная сильновыщелоченная почва, р. 302</i>					
<i>A_p 0...20</i>	2,58	1,39	46,1	37,2	8,9
<i>B1 20...48</i>	2,65	1,40	47,2	37,8	9,4
<i>B2 48...83</i>	2,68	1,34	50,0	37,2	12,8
<i>B3_K 83...95</i>	2,68	1,58	41,1	33,3	7,8
<i>BC_K 95...130</i>	2,67	1,69	36,7	32,7	4,0
<i>C_K 130...140</i>	2,67	1,70	36,3	32,7	3,6
<i>Дерново-глееватая почва, р. 303</i>					
<i>A_p 0...14</i>	2,57	1,38	46,3	34,9	11,5
<i>A1A2g'' 14...24</i>	2,67	1,55	42,0	35,8	6,3
<i>B1 24...45</i>	2,68	1,45	45,9	36,0	9,9
<i>B2_K 45...72</i>	2,68	1,47	45,2	34,4	10,8
<i>BC_K 72...100</i>	2,68	1,59	40,7	34,5	6,2
<i>C_K 100...130</i>	2,73	1,64	39,9	34,3	5,6
<i>Дерново-глеевая почва, р. 304</i>					
<i>A_p 0...20</i>	2,46	1,00	59,4	39,4	20,0
<i>G 20...35</i>	2,63	1,50	43,0	37,4	5,6
<i>B1 35...53</i>	2,67	1,50	43,8	39,6	4,2
<i>B2_K 53...75</i>	2,69	1,49	44,6	40,0	3,8
<i>BC_K 75...100</i>	2,69	1,61	40,1	36,5	3,6
<i>C_K 100...125</i>	2,76	1,65	40,2	36,0	4,2
<i>Перегноино-глеевая почва, р. 305</i>					
<i>A1T 3...23</i>	1,95	0,50	74,4	57,6	16,8
<i>G 23...36</i>	2,57	1,44	44,0	38,5	5,5
<i>B_K 36...45</i>	2,67	1,51	43,5	39,8	3,7
<i>BC_K 45...110</i>	2,69	1,50	44,2	40,0	4,2
<i>C_K 110...120</i>	2,69	1,63	39,4	35,2	4,2

* При наиболее характерной для горизонта влажности.

товыми явлениями. В почвообразующей породе, по нашим наблюдениям, содержится 16...35 % CaCO_3 и MgCO_3 . По данным микроморфологических исследований карбонаты содержатся как в виде сплошной пропитки, так и конкреций и скоплений в массе глинистого материала.

В результате выщелачивания карбонатов на месте таких конкреций возможно образование микропустот. В горизонтах с повышенным содержанием ила значения предельной полевой влагоемкости (ППВ) несколько возрастают.

Низкая порозность горизонта $A1A2_g$ дерново-глееватой почвы обуславливает его невысокую вертикальную водопроницаемость ($K_f = 0,07...0,08$ м/сут). Это вдвое ниже, чем в подпахотном горизонте неоглеенной почвы. Коэффициенты боковой фильтрации оглеенных почв, определенные по скорости восстановления уровня воды в скважине, возрастают с увеличением степени оглеения.

Наблюдения за водным режимом выполнялись в течение теплого периода влажного 1983 г., близкого к среднему 1984 г. и экстремально влажного 1985 г. По данным Котельнической ГМС, период апрель — октябрь в 1983 и 1984 гг. был близок к 30 %, а в 1985 г. — к 10 % обеспеченности. Причины разного увлажнения почв исследуемого ряда связаны с перераспределением атмосферных осадков по элементам рельефа. Своеобразие водного режима этих почв в значительной мере обусловлено процессами набухания — усадки обогащенных илом илювиальных бескарбонатных горизонтов дерново-карбонатных неоглеенных, дерново-глееватых и горизонта G_r дерново- и перегнойно-глеевых почв. Они обладают высокой порозностью и трещиноватостью в сухом состоянии, во влажном набухают и оказываются временными водоупорами. Это является причиной застоя гравитационной влаги в средней части профиля неоглеенных почв и возникновения верхнего яруса верховодки в оглеенных (рис. 5.11). В пахотном горизонте дерново-карбонатных неоглеенных почв гравитационная влага отсутствует даже в экстремально влажные годы. В сухие весенне-раннелетние периоды, свойственные Предуралью, влажность этого горизонта оказывается ниже ВРК, а его верхних слоев — до влажности завядания. После выпадения ливневых дождей влажность горизонта A_p не превышает интервал ВРК...ППВ.

В дерново-глееватых почвах весной и осенью, а также летом в период длительного выпадения осадков формируется фрагментарный поверхностный ярус верховодки, который в расчетные годы с 10 %-ной обеспеченностью осадками отличается значительной стабильностью на протяжении почти всего теплого периода. В средние и влажные годы существование нижнего яруса верховодки непродолжительно, в экстремально влажные годы — на протяжении длительного срока (4...5 мес.).

Для дерново-глеевых почв в начале и конце теплого периода свойственно появление двух ярусов верховодки, которые смыкаются в экстремально влажные периоды и годы.

В перегнойно-глеевых почвах преобладает полное обводнение профиля. Существенно, однако, что благодаря повышенной водопроницаемости перегнойно-глеевых почв не обнаружено длительного застоя влаги в поверхностных слоях профиля.

В 1983 г. в неоглеенных почвах в слое 0...30 см около трети периода вегетации запасы влаги были незначительно выше ППВ. В остальное

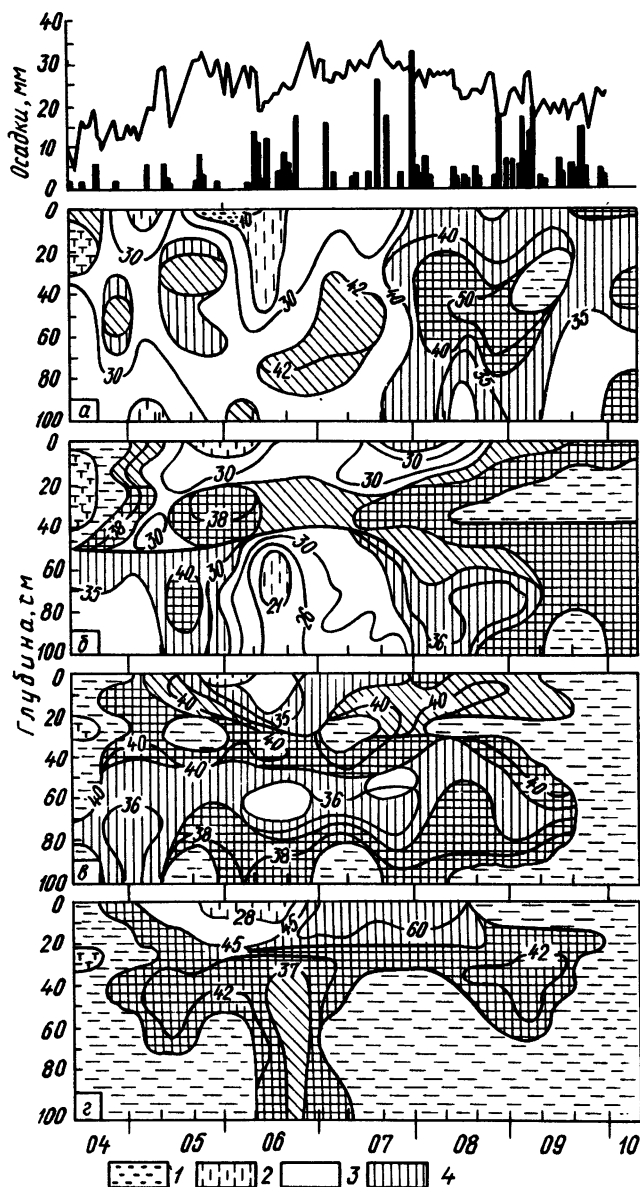
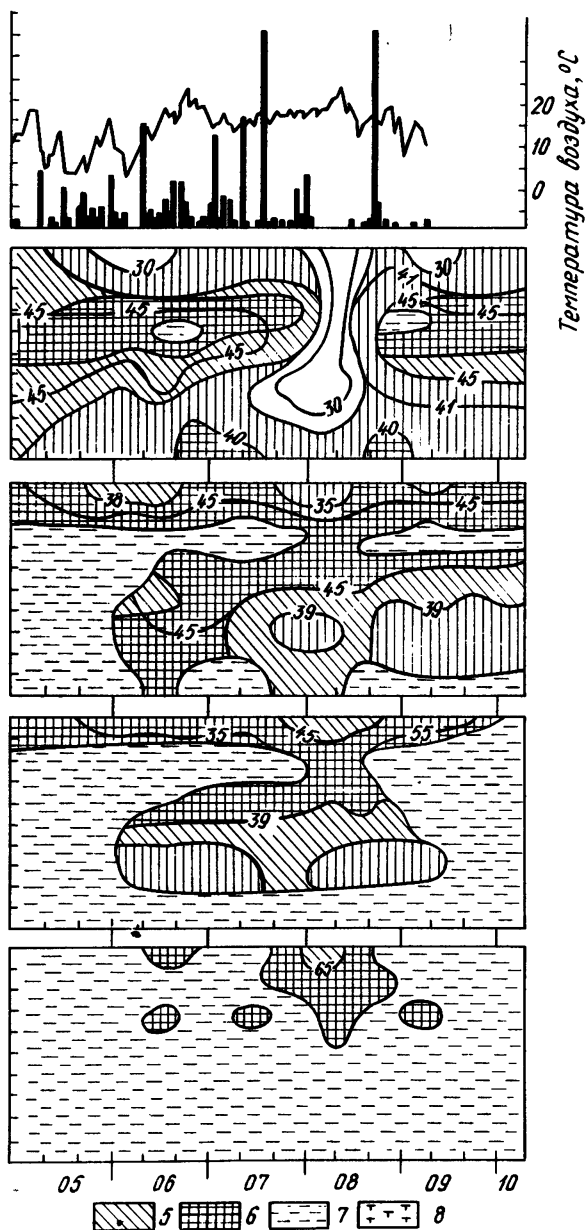


Рис. 5.11. Основные элементы водного режима дерново-карбонатных и дерново- (Котельнический мелиоративный почвенно-гидрологический стационар). Почвы: а – дерново-карбонатная выщелоченная неоглеенная; б – дерново-глеяватая; в – менее) ВЗ; 2 – ВЗ...ВРК; 3 – ВРК...ППВ; 4 – ППВ $\pm$ 5 % ППВ; 5 – ППВ...0,9ПВ;



глеевых почв на карбонатном элювии пермских красноцветных отложений

дерново-глеевая; 2 – перегнойно-глеевая; категории влажности: 1 – равная (или 6 – 0,9ПВ...ПВ; 7 – ПВ (верховодка); 8 – мерзлота

время они колебались в диапазоне ВРК...ППВ. В глееватой почве периодически происходило кратковременное обводнение, в конце лета и осенью оно оказалось весьма продолжительным. Дерново-глеевая и перегнойно-глеевая почвы были обводнены в течение трети и половины периода исследований соответственно.

В июле 1984 г. в течение 10 дней запасы влаги верхней 30-сантиметровой толщи неоглеенных почв были равны или ниже ВРК. Все остальное время они колебались в диапазоне ВРК...ППВ. После уборки урожая в период интенсивных осадков в пахотном слое неоглеенных почв появилась гравитационная влага. В глееватой почве обводнение наблюдалось в апреле, сентябре и октябре. Растения находились в относительно благоприятных условиях увлажнения. На глеевых почвах они испытывали обводнение 20 дней, т. е. в два раза меньше, чем в предыдущем году.

33. Урожайность сельскохозяйственных культур на дерново-карбонатных и дерново-глеевых почвах Котельничского мелиоративного почвенно-гидрологического стационара, Кировская область, т/га

Почва*	Озимая рожь "Вятка-2"	Ячмень "Мос- ковский-121"	Овес "Фален- ский"	Тимофеевка (сырая масса)	Картофель "Фаленский"
1983 г. — влажный					
1	1,12 ± 0,04	1,43 ± 0,13	1,85 ± 0,09	Не определяли	
2	1,17 ± 0,06	Не определяли			
3	0,71 ± 0,7	0,31 ± 0,02	0,74 ± 0,04	"	"
4	0,23 ± 0,02	0,13 ± 0,02	0,33 ± 0,01	"	"
5	Вымокло	Не засеяно			
1984 г. — средний по влажности					
1	Не опреде- ляли	1,19 ± 0,11	1,21 ± 0,06	10,81 ± 0,24	17,50 ± 0,50
2	То же	1,04 ± 0,02	1,25 ± 0,12	Не определяли	16,33 ± 0,42
3	"	0,87 ± 0,01	1,09 ± 0,02	10,20 ± 0,13	7,44 ± 0,35
4	"	0,82 ± 0,03	1,02 ± 0,14	11,78 ± 0,27	4,18 ± 0,22
5	"	0,79 ± 0,02	Не засеяно		3,81 ± 0,48
1985 г. — экстремально влажный					
1	Не определяли	2,54 ± 0,49		18,23 ± 3,02	7,20 ± 2,02
2	"	"	2,68 ± 0,31	Не определяли	5,73 ± 1,55
3	"	"	0,70 ± 0,18	18,97 ± 3,9	Вымокло
4	"	"	Не засеяно	22,08 ± 3,55	Не определяли
5	Не определяли	Не засеяно		Не засеяно	" "

* Почвы: 1 — дерново-карбонатная выщелоченная; 2 — дерново-карбонатная сильновыщелоченная; 3 — дерново-глееватая; 4 — дерново-глеевая; 5 — перегнойно-глеевая.

Отмеченные особенности водного режима почв исследуемого ряда сказались на их продуктивности (табл. 33). Статистически значимых различий в продуктивности дерново-карбонатной выщелоченной и сильновыщелоченной почв не обнаружено. Результаты исследования

водного режима и динамики запасов влаги позволяют признать условия увлажнения дерново-карбонатных неоглеенных почв в 1983 г. благоприятными для большинства культур. На дерново-глееватой почве растения в этом году испытывали явное переувлажнение. Это вызвало достоверное снижение урожайности ячменя на 78 %, овса и озимой ржи на 58 и 40 %. На дерново-глеевой наблюдались сильная изреженность и низкорослость посевов. Потеря урожая всех культур составила здесь 80...90 %. На перегнойно-глеевой почве озимая рожь вымокла полностью.

В 1984 г. сильное иссушение неоглеенных почв на глубину закладки семян в самый ранний период развития зерновых вызвало снижение урожайности ячменя и овса по сравнению с 1983 г. на 17 и 36 % соответственно. На гидроморфных почвах урожайность ячменя оказалась достоверно ниже на 16...34 %, чем на неоглеенных. Различия в урожайности овса и тимофеевки статистически не значимы для всех вариантов. Высокая чувствительность к избыточному увлажнению и поздняя посадка картофеля обусловили заметное снижение его урожая с нарастанием степени гидроморфизма почв. Наиболее отчетливо эта связь выявляется в годы, близкие к расчетным (1985 г.). Учитывая изложенное, в практическом отношении исследованный ряд почв на пермском карбонатном элювии целесообразно дифференцировать на следующие четыре важных в мелиоративном отношении вида (табл. 34): 1 — дерново-карбонатные выщелоченные неоглеенные; 2 — дерново-глееватые; 3 — дерново-глеевые; 4 — перегнойно-глеевые. Неоглеенные дерново-карбонатные выщелоченные и сильновыщелоченные почвы, очевидно, объединены в один вид, так как существенно не отличаются по морфологическим свойствам, обладают практически тождественным водным режимом и продуктивностью*.

Изложенные данные, а также вся сумма имеющихся сведений (Зайдельман, 1985) позволяют дать обобщенную эколого-гидрологическую оценку почвенного покрова этой территории в целом. При этом особое внимание необходимо сосредоточить на анализе тех сторон режима почв, которые определяют возможность их сельскохозяйственного использования в естественном состоянии и целесообразность применения мелиоративных мероприятий.

5.4.5.2. Эколого-гидрологические особенности основных групп минеральных почв Нечерноземья и оценка целесообразности их осушения

В современной гидрологии почв Нечерноземья информация о их водном режиме в наиболее наглядной форме может быть дана с по-

* Аналогичные таблицы по диагностике, классификации, сельскохозяйственному использованию почв и целесообразности применения дренажа для всех других групп почв Нечерноземья приведены в работах (Зайдельман, 1985, 1987).

34. Диагностика степени заболоченности и оценка целесообразности осушения почв на пермском карбонатном элювии

Вид почвы по степени заболоченности	ИСЗ	Диагностика степени заболоченности почв по признакам				
		химическим*		морфологическим		
		Fe _p /Fe _o	D	цветовые признаки оглеения	глубина вскопания от НС1	горизонты
						G _{r,g} B
1. Дерново-карбонатная выщелоченная	0	< 0,4	< 0,5	Нет	Глубже 0,5 м	Нет B1, B2, B3 _K – темно-бурые оструктуренные, общая мощность 0,7 м
2. Дерново-глеевая	6	0,4...0,6	< 0,5	Палевый цвет и сизые пятна в Al _g " на глубине 0,2...0,4 м	0,4 м	Al _g " B1 – бурый; B2 – красновато-палевый, слабо оструктурен, общая мощность 0,5 м
3. Дерново-глеевая	8	0,6...0,8	0,5...1,2	Грязно-сизая окраска на 0,4 м и выше G _r на кон- такте с A _p в зые и охристые пятна в Bl _g ' (0,4...0,6 м)	0,4 м и выше G _r на кон- такте с A _p	красновато-палевые, бесструктурные, мощность 0,1 м
4. Перегнойно-глеевая	9	> 0,8	> 1,2	Грязно-сизый цвет на 0,4 м и выше Bl _g ' (0,3...0,4 м)	0,4 м и выше G _r на кон- такте с A1 _T в зые, бесструктурный, мощность 0,1 м	красновато-палевый, бесструктурный, мощность 0,1 м

* Fe_p – железо по Баскомбу; Fe_o – железо по Тамму; D – оптическая плотность.

Вид почвы по степи заболоченности	Кутаны горизонта B	Орштейны и примазки горизонтов A_p и G	Возможность сельскохозяйственного использования в естественном состоянии (без дренажа)		Целесообразность осушения
			в сухие и средние по влажности годы	во влажные годы	
1. Дерново-карбонатная выщелоченная	Сплошная темно-бурая шленка	Единичные бурые мелкие орштейны < 2 мм в A_p	Возможно возделывание	всех культур	Осушение нецелесообразно
2. Дерново-глебоватая	Тонкие прерывистые красноватые кутаны	Темно-бурые (1...3 мм) орштейны в A_{I_g} . Обилие примазок	Возможно размещение культурных сенокосов и посевов овса	Возможно возделывание многолетних злаковых трав	Осушение для зерновых и картофеля. Без осушения – улучшенные сенокосы
3. Дерново-глебовая	Нет	Крупные (2...7 мм) черные орштейны неправильной формы в A_p и G_r	Возможно размещение многолетних злаковых трав	Естественные сенокосы и пастбища	Осушение необходимо для всех культур. Без осушения – естественные сенокосы
4. Перегнойно-глебовая	”	То же, что и (3) в G_r	Возможно использование как естественных сенокосов	Без осушения невозможно	Осушение при любом использовании

мощью графиков хроноизоплант влажности (Роде, 1969). Эта фундаментальная характеристика, однако, не всегда позволяет с необходимой полнотой и в лаконичной форме иллюстрировать те стороны режима, которые отражают свойства почв как объекта мелиорации и сельскохозяйственного использования. В этой связи отметим, что в Нечерноземье особое значение в мелиоративном отношении имеют почвы, приуроченные к относительно слабОВОДОНПРОНИЦАЕМЫМ породам, заболоченные преимущественно поверхностными — атмосферными, намытыми склоновыми и русловыми водами. Это обусловлено двумя причинами. Во-первых, такие заболоченные почвы получили здесь наиболее широкое распространение, и, во-вторых, они являются наиболее сложным объектом мелиорации.

При оценке таких почв особый интерес представляют сведения о гидрологическом состоянии пахотного горизонта в годы разной влажности в критические фазы вегетации и выполнения полевых работ. Для такого краткого описания важнейших гидрологических особенностей почв разной степени заболоченности, приуроченных к различным по генезису и составу почвообразующим породам, автором совместно с М. Е. Гинзбургом была разработана графическая система их иллюстрации. Она позволяет в обобщенной форме изложить наиболее существенную информацию, отражающую те элементы гидрологии, которые определяют необходимость мелиорации. Эта оценка строится на характеристике продолжительности обводнения горизонта A_p в предпосевной и посевной периоды, во время вегетации и уборки культур, а также общей продолжительности обводнения. Кроме того, графики гидролого-мелиоративной характеристики почв содержат сведения о неблагоприятных условиях увлажнения для работы техники в периоды сева и уборки урожая. Последнее соответствует такому состоянию почвы, когда ее влажность равна или превышает 75 % полной влагоемкости*. На рисунке 5.12 дана обобщенная гидролого-мелиоративная характеристика состояния горизонта A_p основных сельскохозяйственных групп незаболоченных и заболоченных почв Нечерноземья в средние и влажные годы.

Анализ этих данных позволяет выявить ряд интересных в практическом отношении особенностей. Они показывают, во-первых, что на дерново-подзолистых почвах тяжелого механического состава (особенно на почвах, приуроченных к лимногляциальным отложениям) могут возникать такие гидрологические условия, когда в средние по влажности годы в период сева (и уборки) культур влажность почвы на протяжении длительного периода оказывается равной или выше 75 % ПВ при отсутствии верховодки в пахотном горизонте. Складывается ситуация, при которой полевая техника уже не может вести нормальную обработку поля, сев или уборку, а дренаж еще не ока-

* По данным Н. А. Качинского и А. Ф. Вадюниной (1940, 1963), колесная техника при влажности, равной или выше 70...75 % полной влагоемкости, утрачивает способность к нормальному движению по полю.

зывает активного влияния на влажность поверхностных горизонтов почвенного профиля.

Выход из этого критического состояния заключается в повышении проходимости техники, в уменьшении ее удельного давления на почву (до 60...80 кПа), в использовании тракторов, комбайнов, транспортных средств на гусеничном ходу или на двоячных колесах. Во-вторых, отчетливо проявляется резкое ухудшение гидрологического состояния бесструктурных дерново-подзолистых почв с утяжелением гранулометрического состава почвообразующих пород. В экстремальном случае (дерново-подзолистые почвы на ленточных глинах) верховодка в пахотном горизонте прослеживается как в неоглеенных, так и в оглеенных почвах на протяжении значительной части посевного периода. Во влажные годы горизонт A_p находится в состоянии длительного увлажнения не только в предпосевной и посевной периоды, но и во время уборки. В-третьих, продолжительность обводнения горизонта A_p тесно и прямо пропорционально связана со степенью заболоченности почв. На бесструктурных почвах с элювиально-иллювиальным строением профиля эта закономерность проявляется наиболее отчетливо. Вместе с тем на структурных пойменных почвах, а также на песчано-супесчаном двучлене обводнение пахотного горизонта в почвах начальных стадий заболоченности не проявляется столь резко или отсутствует вообще (например, на среднемощных двучленах в средние по влажности годы).

Сельскохозяйственная оценка приведенной гидролого-мелиоративной характеристики почв остается, однако, неполной, поскольку не раскрыта ее связь с продуктивностью почв разной степени заболоченности в естественных условиях. В этой связи в таблице 35 приведены данные, позволяющие оценить урожайность на минеральных гидроморфных оглеенных почвах по сравнению с урожайностью на неоглеенных. Такой способ оценки выбран потому, что под влиянием дренажа на заболоченных почвах могут быть созданы условия, близкие по водному режиму к режиму неоглеенных почв.

Из данных таблицы следует ряд важных выводов, связанных с практикой осушения и сельскохозяйственного использования минеральных гидроморфных почв. Они сводятся к следующему.

1. На начальных этапах появления (в пространстве) признаков гидроморфизма в горизонтах почв южной тайги с однородным супесчано-песчаным или суглинисто-легкоглинистым составом и элювиально-иллювиальным строением в сухие, средние и влажные годы может быть получен более высокий урожай для сельскохозяйственных культур, чем на автоморфных почвах. Это объясняется более благоприятным распределением влаги в течение вегетационного периода в глубокооглеенных почвах и отсутствием ее застоя в поверхностных горизонтах.

Такое явление можно отчетливо проследить и в глинистых пойменных почвах юга таежной зоны и особенно зоны широколиственных лесов. В последнем случае максимальные урожаи яровых зерновых

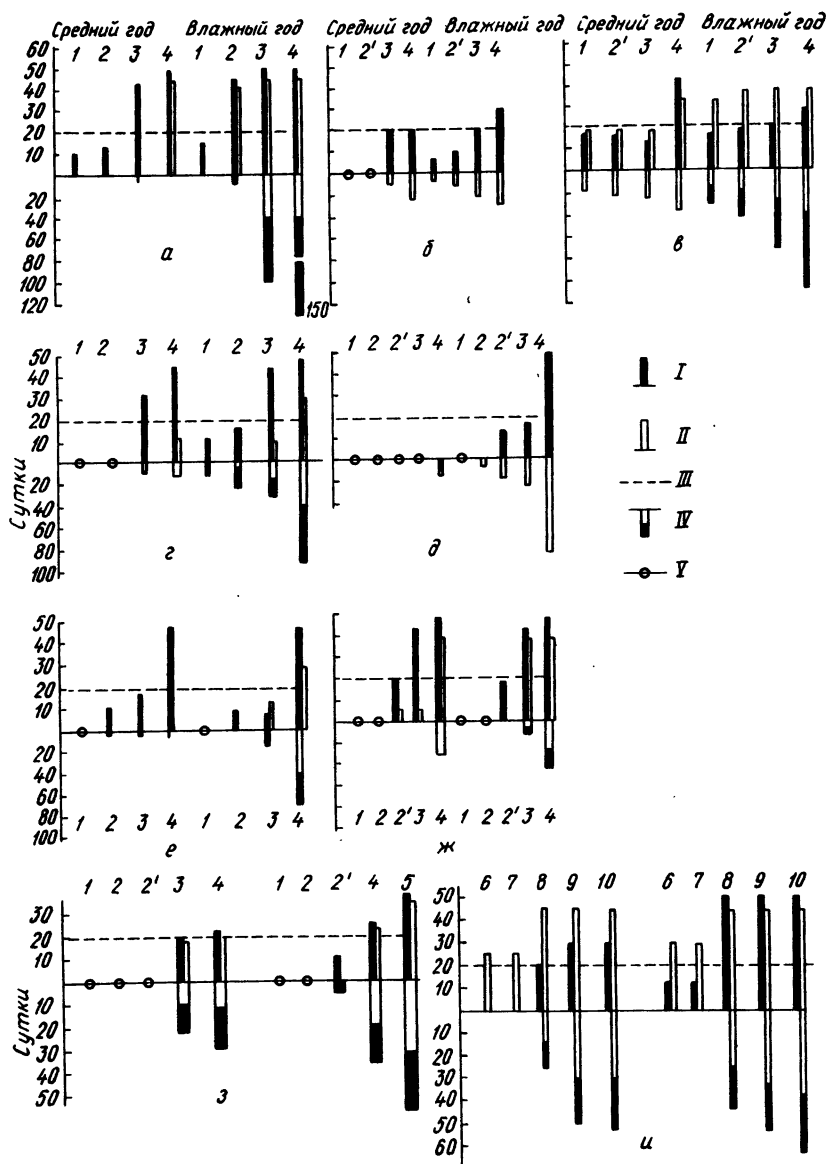


Рис. 5.12. График гидролого-мелиоративной характеристики почв европейской территории Нечерноземья. Почвы:

а — тяжелосуглинистые и глинистые подзолистого и болотно-подзолистого типов на тяжелых лессовидных породах; б — легко- и среднесуглинистые подзолистого и болотно-подзолистого типов на суглинистых лессовидных породах; в — глинистые подзолистые и болотно-подзолистые на ленточных бескарбонатных глинах; г — песчано-супесчаные подзолистого и болотно-подзолистого типов на маломощном двучлене, подстилаемые суглинистой мореной; д — песчано-супесчаные подзолистого и болотно-подзолистого типов на среднемощном двучлене, подстила-

35. УРОЖАЙНОСТЬ НЕКОТОРЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ПОЧВАХ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ЗАБОЛОЧЕННОСТИ ЕВРОПЕЙСКОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ В ГОДЫ РАЗНОЙ ВЛАЖНОСТИ, % К УРОЖАЙНОСТИ НА АВТОМОРФНЫХ ПОЧВАХ*

1. Почвы тяжелые дерново-подзолистые на покровных тяжелых суглинках и глинах

Почва	Культура			
	озимая рожь	овес	кормовые бо- бы	клевер розо- вый
<i>Влажный год</i>				
Неоглеенная	100	100	100	100
Глубокооглеенная	95	120	125	120
Глееватая	—	—	—	70
Глеевая	—	—	—	—

2. Почвы тяжелые дерново-подзолистые на ленточных глинах

Почва	Культура		
	ячмень	горох	вико-овсяная смесь
<i>Средний по влажности год</i>			
Неоглеенная	100	100	100
Глубокооглеенная	85	95	100
Глееватая	75	90	70
Глеевая	30	15	60

Влажный год

Неоглеенная	100	100	100
Слабооглеенная	65	100	35
Глееватая	—	80	35
Глеевая	—	—	—

* Полная гибель урожая из-за вымокания

емые суглинистой мореной; *е* — тяжелосуглинистые и глинистые пойменные темно-бурые южной тайги на глинистом аллювии; *ж* — тяжелосуглинистые и глинистые пойменные дерновые луговые насыщенные и луговые карбонатные широколиственной зоны на глинистом аллювии; *з* — тяжелосуглинистые серые лесные неоглеенные и оглеенные на тяжелых лессовидных породах; *и* — тяжелые на глинистом элюводелювии пермских красноцветных карбонатных пород; *1* — неоглеенные; *2* — глубокооглеенные; *2'* — слабооглеенные; *3* — глееватые; *4* — глеевые; *5* — дерново-карбонатные; *6* — выщелоченные; *7* — сильновыщелоченные; *8* — дерново-глееватые; *9* — дерново-глеевые; *10* — перегнойно-глеевые. Особенности водного режима горизонта *A_p*:

I — продолжительность неблагоприятной влажности для работы колесной техники в период с 25.04 до 15.06, сут; *II* — то же, с 1.08 по 15.09 (на поймах — 1.09 по 10.10); *III* — продолжительность выполнения весенних полевых работ в оптимальные сроки; *IV* — общая продолжительность полного обводнения горизонта за теплый период. Черный фон — продолжительность обводнения с 15.04 по 30.05; светлый — с 1.06 по 15.09; *V* — условия неблагоприятного увлажнения для работы колесной техники отсутствуют, верховодки нет

3. Почвы легко- и среднесуглинистые дерново-подзолистые на покровных легких и средних суглинках

Почва	Культура			
	озимая пшеница	ячмень	клевер красный	картофель

Сухой год

Неоглеенная	100	100	Не определяли	100
Глубокооглеенная	150	135	” ”	120
Глееватая	45	150	” ”	155
Глеевая	—	—	” ”	—

Средний по влажности год

Неоглеенная	100	100	100	100
Глубокооглеенная	115	110	115	100
Глееватая	90	95	120	110
Глеевая	—	70	30	—

Влажный год

Неоглеенная	100	100	100	100
Глубокооглеенная	110	115	120	110
Глееватая	55	55	140	70
Глеевая	—	—	—	—

4. Почвы дерново-подзолистые на маломощных двучленах

Почва	Культура		
	тимофеевка	картофель	озимая рожь

Сухой год

Неоглеенная	100	100	Не определяли
Слабоглееватая	100	70	” ”
Глееватая	100	60	” ”
Глеевая	120	—	” ”

Средний по влажности год

Неоглеенная	100	100	100
Слабоглееватая	120	50	80
Глееватая	80	25	75
Глеевая	80	—	70

Влажный год

Неоглеенная	100	100	100
Слабоглееватая	100	80	75
Глееватая	80	70	55
Глеевая	25	—	—

5. Почвы дерново-карбонатные и дерново-глеевые на глинистом элюво-делювии пермских отложений

Почва	Культура				
	озимая рожь	ячмень	овес	тимофеевка	картофель

Средний по влажности год

Неоглеенная	Не опреде- ляли	100	100	100	100
Неоглеенная сильновы- щелоченная	То же	87	103	Не опреде- ляли	93
Дерново-глееватая	„	73	90	94	43
Дерново-глеевая	„	89	84	109	24
Перегнойно-глеевая	„	66	—	—	22

Влажный год

Неоглеенная	100	100	100	Не определяли	
Неоглеенная сильновыще- лоченная	105	Не определяли	„	„	
Дерново-глееватая	63	22	51	„	„
Дерново-глеевая	20	9	23	„	„
Перегнойно-глеевая	—	—	—	„	„

6. Почвы тяжелосуглинистые серые лесные и серые лесные оглеенные на покровных тяжелых суглинках

Почва	Культура				
	озимая пшеница	ячмень	вико-овся- ная смесь	картофель	кукуруза на силос

Сухой год

Неоглеенная	100	100	100	100	100
Оподзоленная	—	124	100	103	100
Слабоглееватая	96	116	104	99	104
Глееватая	59	80	68	59	68
Глеевая	27	—	28	50	28

Средний по влажности год

Неоглеенная	Не опреде- ляли	100	Не опреде- ляли	100	Не опреде- ляли
Оподзоленная	То же	103	То же	101	То же
Слабоглееватая	„		100	Не опреде- ляли	„
Глееватая	„	44	37	42	„
Глеевая	„	—	—	24	„

Влажный год

Неоглеенная	100	Не определяли		100	Не опреде- ляли
Оподзоленная	96	„	„	107	То же
Слабоглееватая	80	Не опреде- ляли	100	—	„
Глееватая	34	То же	62	43	„
Глеевая	—	„	—	—	„

7. Почвы легкие дерново-подзолистые на мощных флювиогляциальных песках

Почва	Культура				
	озимая рожь	картофель	ячмень	тимофеев- ка	вика + овес

Средний по влажности год

Неоглеенная	100	100	100	100	100
Глубокооглеенная	95	105	95	250	120
Глееватая	70	85	70	540	140
Глеевая	—	65	35	480	145

Влажный год

Неоглеенная	100	Не определяли		100	Не определяли
Глубокооглеенная	250	”	”	140	” ”
Глееватая	40	”	”	140	” ”
Глеевая	30	”	”	180	” ”

8. Почвы тяжелые пойменные дерновые зернистые на аллювиальных глинах

Почва	Культура			
	капуста	свекла кор- мовая	картофель	тимофеевка

Средний по влажности год

Неоглеенная	100	Не опреде- ляли	100	100
Глубокооглеенная	100	То же	105	150
Глееватая	—	”	—	—
Глеевая	—	”	—	—

Влажный год

Неоглеенная	100	100	100	Не определяли
Глубокооглеенная	110	110	95	” ”
Глееватая	—	—	—	” ”
Глеевая	—	—	—	” ”

9. Почвы тяжелые пойменные лугово-черноземовидные

Почва	Культура		
	яровая пшеница	ячмень	вика + овес

Средний год

Неоглеенная	100	100	100
Глубокооглеенная	110	105	115
Слабоглееватая	115	110	120
Глееватая	85	55	65
Глеевая	—	—	—

Влажный год

Неоглеенная	100	100	100
Глубокооглеенная	125	130	110
Слабоглееватая	130	125	110
Глееватая	85	55	65
Глеевая	—	—	—

и трав были получены не на автоморфных, а на глубокооглеенных и слабogleеватых почвах (Зайдельман, Селищев, 1981). Из этого следует, что в Нечерноземной зоне широко распространены почвы, имеющие четкие признаки гидроморфизма, на которых могут быть получены такие же или более высокие урожаи, что и на автоморфных почвах. Поэтому почвы могут нести определенные признаки гидроморфизма, и вместе с тем их экологические особенности будут оставаться достаточно благоприятными для роста и развития сельскохозяйственных культур.

2. В Нечерноземной зоне распространены такие минеральные почвы, в которых появление начальных признаков гидроморфизма свидетельствует о возникновении весьма неблагоприятных условий для растений и формирования их урожая. Такая весьма распространенная группа — почвы на маломощных двучленных отложениях в тех случаях, когда легкий (песчано-суглинистый) нанос подстилается на небольшой глубине (40...60 см) тяжелыми отложениями различного генезиса с K_f , равными или меньшими 0,05 м/сут. В этом случае начальные признаки гидроморфизма (слабое оглеение, изменение цвета кутан, ортштейнообразование, увеличение мощности подзолистого горизонта и др.) являются безусловными индикаторами на ухудшение экологической обстановки и возможное снижение урожая яровых и озимых культур по сравнению с автоморфными почвами во влажные, средние и сухие годы. Таким образом, в Нечерноземье существует определенная группа почв, в которых появление признаков гидроморфизма свидетельствует о резком ухудшении агроэкологической обстановки. Как правило, это почвы, в которых выпадение относительно небольших осадков вызывает немедленное обводнение всей корнеобитаемой зоны (Зайдельман, Никифорова, Жиров, 1980).

3. В Нечерноземье распространены почвы с выраженным элювиально-иллювиальным профилем, заcolmатированным горизонтом *B1* и экстремально низкими коэффициентами фильтрации неоглеенных автоморфных почв ($K_f = 0,005...0,001$ м/сут). Такие почвы часто формируются на лимногляциальных отложениях (Зайдельман, Якименко, Жиров, Гинзбург, 1983) и могут встречаться на тяжелоглинистых почвообразующих породах иного генезиса. В этом случае зафиксировано снижение урожая не только на почвах с начальными признаками гидроморфизма в поверхностных горизонтах по сравнению с урожаем на автоморфных дренированных почвах, но и повышение урожайности после дренирования на автоморфных почвах. Так, на массиве "Витка" в Новгородской области на тяжелых дерново-подзолистых неоглеенных почвах в средние и влажные годы после их осушения закрытым керамическим дренажем через 10 м были получены на 10...15 % более высокие урожаи зерновых по сравнению с недренированным контролем.

5.4.6. Влияние степени заболоченности и осушения на температурный режим минеральных почв

К настоящему времени накоплена обширная литература, отражающая особенности температурного режима автоморфных и органогенных почв Нечерноземной зоны. Вместе с тем закономерности изменения температурного режима минеральных почв под влиянием нарастающего (в пространстве) заболачивания и осушения остаются почти не изученными. Следует отметить, однако, что в ряду минеральных почв разной степени заболоченности проявляют свое действие пока еще слабо учитываемые факторы, оказывающие существенное влияние на их температурный режим. В данном случае особый интерес представлял вопрос о том, в какой мере температурный режим почв разной степени заболоченности может оказывать тормозящее влияние на рост и развитие растений в условиях южнотаежной подзоны и как сказывается в этом случае влияние дренажа на его особенности.

С нарастанием степени гидроморфизма в результате накопления органического вещества происходит закономерное изменение цвета поверхности почв (от белесого до темно-серого и черного) и продолжительности периодов полного обводнения, поэтому можно предполагать наличие определенных различий температурного режима в почвах разной степени оглеения. В связи с этим была предпринята попытка установить относительные различия элементов температурного режима почв разной степени заболоченности на открытых территориях и в лесу, а также проследить их изменения после дренажа (Зайдельман, Тагунова, 1979).

Объектом исследования явились суглинистые дерново-подзолистые неоглеенная, глубокооглеенная, глееватая, глеевая и торфянисто-подзолисто-глеевая почвы Волоколамского мелиоративного почвенно-гидрологического стационара. Признаки гидроморфизма в неоглеенной почве ограничены наличием мелких темноокрашенных орштейнов, горизонт *A2* в этих почвах выражен слабо. В глубокооглеенной почве прослеживаются четкие морфохроматические признаки оглеения по границам структур глубже 100 см; в нижней части профиля увеличивается количество марганцовистых примазок и появляются заметные аккумуляции аморфного гидроокисного железа, резко возрастает мощность горизонта *A2*.

В глееватой почве наблюдаются интенсивная сизо-охристая окраска профиля глубже 65...75 см, мраморовидная в горизонте *B2*, обильные скопления орштейнов в горизонте *A2*, марганцовисто-железистые примазки и охристые пятна по всему профилю. Подзолистый горизонт в глееватой и глеевой почвах четко выражен, но его мощность меньше, чем в глубокооглеенной. Глеевые почвы отличаются интенсивным оглеением всего профиля, серовато-сизой окраской горизонта *A2*, появлением крупных корневых трубчатых конкреций в горизонте *B_{mr,g}*''' и другими признаками.

Температуру почв измеряли электротермометрами АМ-2М на глубинах 5, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150 см один раз в декаду. Замеры

на дренированных участках проводили в середине между дренами. Исследования выполняли в 1969–1973 гг. на пашне, в лесу (условия естественного водного режима) и на дренированной пашне (1971 и 1973 — средние, 1972 — сухой годы).

Наблюдения на пашне в условиях естественного режима показали, что температура и влажность неоглеенных и глубокооглеенных почв в летний период *одинаковы*. Поэтому исследуемый ряд был ограничен дерново-подзолистыми глубокооглеенной, глееватой, глеевой и торфянисто-подзолисто-глеевой почвами. Наблюдения за температурным режимом начинали непосредственно после снеготаяния.

Элементы температурного режима почв открытых участков. На глубокооглеенных почвах заморозки в конце апреля 1971 г. вызвали понижение температуры поверхностных слоев почвы до 1°C . Однако слой 0...5 см (рис. 5.13) уже в первой декаде мая прогрелся до 10°C , в 1972 г. — до 6...7, а в теплую весну 1973 г. — до 15°C . К началу июня температура поверхности глубокооглеенной и глееватой почв повышалась до 17...20 $^{\circ}\text{C}$.

Глеевые почвы отличались рядом своеобразных особенностей. В первой декаде мая 1971 г. на глубине 0...5 см они прогревались до 11°C , в 1972 г. — до $8,5^{\circ}\text{C}$. Существенно, что на влажной глеевой почве во время весеннего заморозка 1971 г. не наблюдалось столь резкого понижения температуры, как на менее заболоченных. Их температура понизилась лишь до 3°C , тогда как в глубокооглеенной и глееватой — до 1°C . В начале июня температура на глеевой почве в 1971 г. достигла 25°C , в 1972 и 1973 гг. — 20°C . Таким образом, в более влажных и темных глеевых почвах по сравнению с менее заболоченными температура поверхностных слоев весной выше на 1...1,5 $^{\circ}\text{C}$, а в начале лета — на 5°C . Наиболее медленно процесс нагревания протекает на торфянисто-подзолисто-глеевой почве. В первой половине мая ее температура в поверхностном слое на 2...3 $^{\circ}\text{C}$ ниже, чем в менее заболоченных почвах.

Летом нагревание рассматриваемого ряда почв происходит по-разному в зависимости от степени их заболоченности и погодных условий. Так, в средний по осадкам и температурам 1971 г. слой 0...5 см глубокооглеенной и глееватой почв прогревался до 25...26, глеевой — до 27...30 $^{\circ}\text{C}$, а температура торфянисто-подзолисто-глеевой почвы на протяжении всего лета не превышала 24°C . Температура этой почвы в отличие от менее заболоченных менялась весьма постепенно. Здесь не происходило резких колебаний при понижении температуры воздуха, меньше были различия между ночной и дневной температурами. Период нагревания этой почвы растянут во времени.

Особый интерес представляют температуры рассматриваемых почв в слое 0...5 см в сухой и жаркий 1972 г. Глубокооглеенная почва в летний период (июль) этого года прогрелась до 25...30 $^{\circ}\text{C}$. Близкими к ним по температуре оказались глееватые почвы. Температура глеевой почвы в этом слое повышалась до 27...32 $^{\circ}\text{C}$. Таким образом, в сухие жаркие годы температуры глубокооглеенной, глееватой и глеевой почв оказываются весьма высокими и близкими.

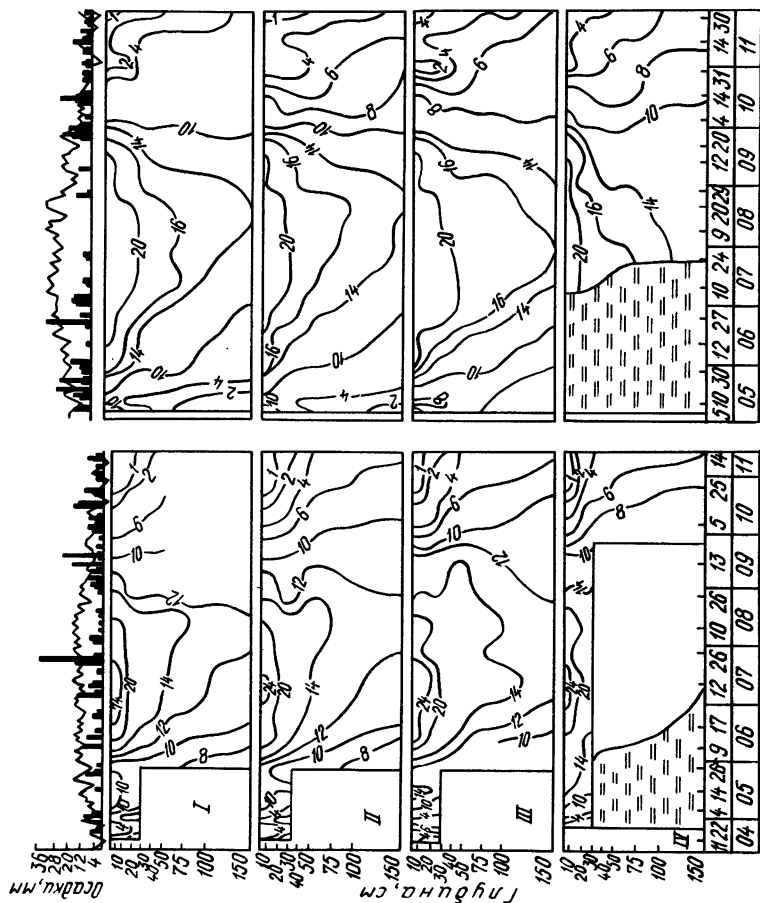
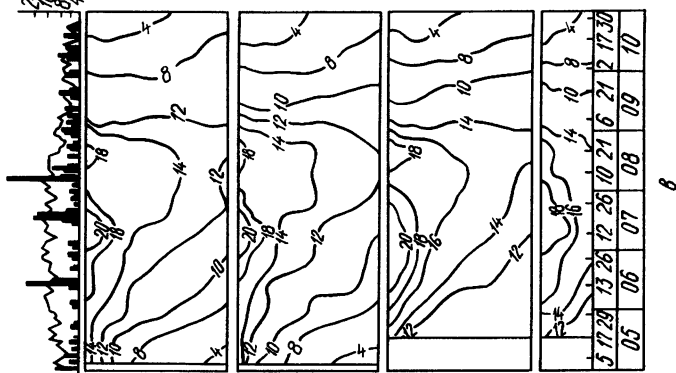


Рис. 5.13. Термизошеты дерново-подзолистых суглинистых почв открытых территорий:
 а и б — средние по влажности годы; б — засушливый год; I — глубокооглеенная; II — глееватая; III — глееватая; IV — торфянисто-подзолисто-глеевая

Температура воздуха, °C



б

Температура торфянисто-подзолисто-глеевой почвы летом 1972 г. колебалась в узком интервале — 20...22 °С. В сухой жаркий период этого года она нагревалась тем не менее весьма медленно. Температуры слоя 0...5 см оказались ниже на 3...5 °С по сравнению с температурой глубокооглеенной и глееватой почв, а по сравнению с глеевой — на 6...7 °С. Это связано с тем, что в такой сухой год влажность торфянисто-подзолисто-глеевой почвы существенно превышала влажность менее заболоченных почв. На протяжении всего теплого периода она не опускалась ниже предельной полевой влагоемкости (ППВ), в то время как на менее оглеенных почвах находилась в интервале влажности разрыва капиллярной связи — влажность завядания (ВРК...ВЗ). Пониженная температура торфянисто-глеевой почвы несомненно связана и с высокой теплоемкостью влажного органогенного слоя. Независимо от погодных условий в начале осени температура слоя 0...5 см всех рассматриваемых почв выравнивается. Глубокой осенью температура торфянисто-подзолисто-глеевой почвы, наиболее влажной и теплоемкой, с поверхности на 1 °С выше, чем глубокооглеенной, глееватой и глеевой.

В слое 5...10 см наблюдались те же закономерности изменения температур в почвах рассматриваемого ряда, что и в слое 0...5 см. Однако их абсолютные значения на 1...2 °С ниже температур верхних слоев.

В слое 10...20 см в весенний период температура глубокооглеенной и глееватой почв оставалась весьма близкой. В 1971 г. в начале мая эти почвы прогревались до 6 °С, в 1972 г. — до 4...5, а в 1973 г. — до 10...12 °С, т. е. всегда на 2...3 °С меньше, чем поверхностные слои. В период весенних заморозков в апреле 1971 г. температура этих почв на глубине 20 см понижалась до 0,3 °С. Наиболее заболоченные почвы (дерново-подзолисто-глеевая и торфянисто-подзолисто-глеевая) нагревались до 7 °С, т. е. были на 1 °С теплее сухих почв на этой глубине. По сравнению со слоем 0...10 см в летний период 1971 и 1973 гг. температура в слое 10...20 см на глубокооглеенной и глееватой почвах оказалась на 3...5 °С ниже. В глеевой почве это различие не превышало 1...2 °С, а в торфянисто-подзолисто-глеевой — 1 °С. В жаркое и сухое лето 1972 г. в слое 10...20 см наблюдались те же особенности изменения температуры почв разной степени заболоченности, что и в средние годы. Почва с поверхности интенсивно прогревалась, и температурные различия между слоями 0...10 и 10...20 см составляли на глеевой и глубокооглеенной почвах 2...8 °С, на глеевой и торфянисто-подзолисто-глеевой — 2...6 °С.

Необходимо отметить, что на глубинах 10...20 см температурные различия между почвами разной степени заболоченности не превышали 1...3 °С и лишь на торфянисто-подзолисто-глеевой температура составляла 5 °С. В более глубоких слоях профиля температурные различия между почвами разной степени заболоченности сокращаются еще больше. Так, в слое 20...30 см в летний период среднего по осадкам 1971 г. температуры в глубокооглеенной и глееватой почвах были только на 1 °С ниже, чем в глеевой, и на 2 °С ниже по сравнению с торфянисто-глеевой.

В конце октября температура всех почв на различных глубинах всегда выравнивалась и оказывалась весьма близкой. При этом торфянисто-подзолисто-глеевые почвы оказывались обычно на 1 °С теплее, чем все менее заболоченные.

Изложенное позволяет оценить экологические особенности почв разной степени оглеения в естественном (недренированном) состоянии в связи с их использованием в сельскохозяйственном производстве. Установлено (Коровин, 1961; Максимов, 1965), что температура, благоприятная для посева яровых и посадки теплолюбивых овощей, должна быть в начале мая в слое 0...10 см не ниже 5 °С, а в конце месяца — 10...15 °С. Полученные данные показывают, что все рассматриваемые почвы (рис. 5.14) к 5 мая в период холодной весны 1971 г. имели температуру выше 5 °С на глубинах 0...25 (50) см. В 1972 г. в этот же период глубокооглеенная и глееватая почвы обладали такой температурой на глубинах до 45 см, а глеевая — 102 см. Из этого следует, что все почвы рассматриваемого ряда по температурным условиям в весенний период оказались достаточно благоприятным субстратом для нормального прорастания семян и развития растений.

В более глубоких слоях профиля (50, 75, 100, 150 см) ход распределения температур показывает, что различия между вариантами почв сохраняются, но носят сглаженный и плавный характер. Следует отметить, что почвы рассматриваемого ряда характеризуются зонами с различной мощностью прогревания. А. М. Шульгин (1972) считает, что нагревание почвы в летний период свыше 15 °С способствует получению хороших урожаев сельскохозяйственных культур. На исследованных почвах в начале августа в период созревания зерновых такая температура наблюдалась на различных глубинах в зависимости от погодных условий года и обводненности почв. Так, в 1971 г. глубокооглеенные и глееватые почвы прогрелись до 15 °С на глубину 50 см, глеевые — на 80 см.

Высокая температура воздуха в 1972 г. способствовала глубокому прогреванию почв. В глубокооглеенных и глееватых почвах температуры до 15 °С наблюдались на глубинах 105 см, в глеевых — 150 см. Такая же глубина прогревания на глеевой почве фиксировалась и в 1973 г. В торфянисто-подзолисто-глеевой почве в 1972 и 1973 гг. зона прогревания до 15 °С распространялась на глубину 45 см.

Необходимо также отметить, что зона температур выше 10 °С на всех рассматриваемых нами почвах в летний период распространяется значительно глубже 100 см. Таким образом, практически все корнеобитаемые слои почв разной степени оглеения на пашне приурочены к зонам активного и благоприятного в биологическом отношении прогревания.

Следует подчеркнуть, что близость температур глубокооглеенной и глееватой почв тесно связана с общностью их водного режима. В средние по осадкам 1971 и 1973 гг. влажность слоя 0...10 см этих почв находилась в интервале ППВ...ВРК. На глеевой почве влажность приближалась к ППВ, а на торфянисто-подзолисто-глеевой была равна ППВ...0,85ПВ. В результате значительного иссушения глеевой почвы летом 150

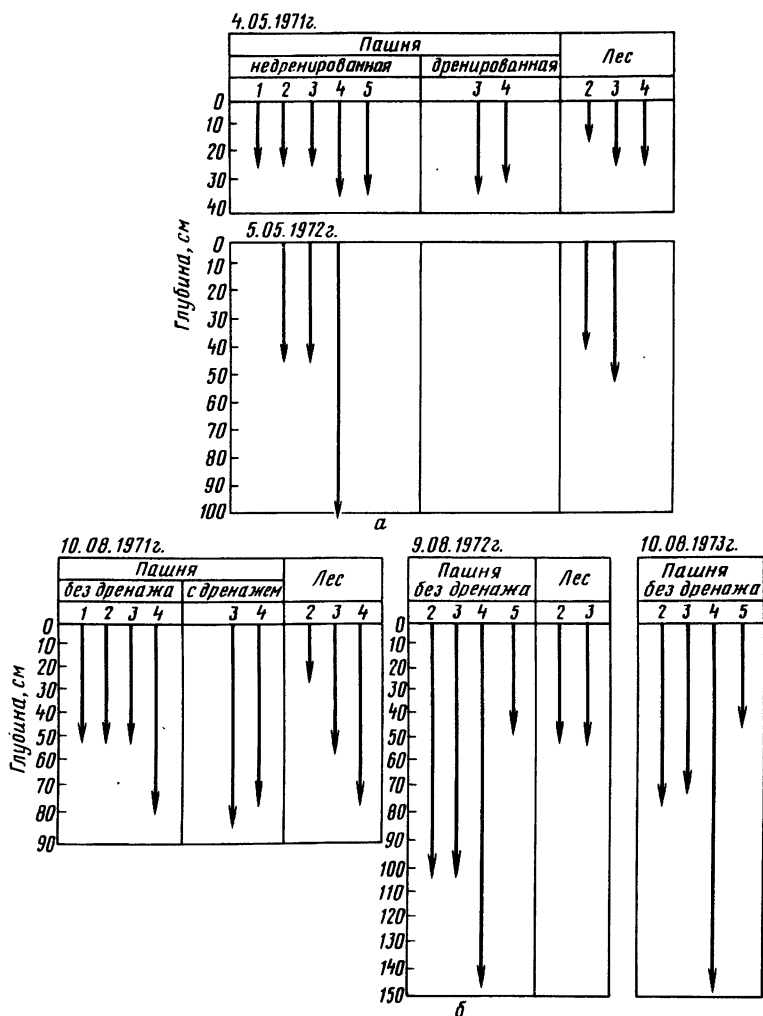


Рис. 5.14. Глубина проникновения температур выше 5 °С (а) и выше 15 °С (б) в дерново-подзолистых почвах разной степени заболаченности на недренированной и дренированной пашне и в лесу в предпосевной период. Почвы:

1 – неоглеенная; 2 – глубокооглеенная; 3 – глееватая; 4 – глеевая; 5 – торфянисто-подзолисто-глеевая

1972 г. влажность слоя 0...10 см в летний период менялась в интервале ППВ...ВРК. Поэтому температуры этих почв в самый жаркий период оказались лишь на 1...2 °С выше, чем на глееватой. Вместе с тем торфянисто-подзолисто-глеевая почва и в течение такого сухого года оставалась более холодной, чем все почвы рассматриваемого ряда.

В этой связи отметим, что существует определенный критический

36. Изменение суточных температур дерново-подзолистых почв разной степени заболоченности, Волоколамский мелноративный почвенно-гидрологический стационар

Глубина, см	Пахотные почвы с естественным режимом											
	2			3			4			5		
	7.00	13.00	19.00	7.00	13.00	19.00	7.00	13.00	19.00	7.00	13.00	19.00
<i>4 мая</i>												
0...5	4,8	10,0	8,5	5,2	10,0	9,1	5,9	11,0	9,9	5,8	8,1	10,7
5...10	4,9	6,5	7,9	4,5	6,2	8,5	5,8	9,5	10,0	5,5	6,8	7,5
10...20	4,3	6,0	6,1	4,1	5,9	7,8	6,4	7,1	9,1	5,0	6,9	6,9
20...30	4,0	4,0	6,4	3,5	3,2	8,1	6,5	6,1	8,1	Нет	—	—
<i>9 июня</i>												
0...5	18,0	22,8	21,5	20,0	23,0	22,0	21,0	25,2	24,0	16,0	18,0	18,0
5...10	20,0	21,0	21,0	19,0	22,1	21,0	21,0	23,8	22,1	16,2	17,1	17,0
10...20	15,0	14,2	16,3	15,0	15,5	17,5	18,0	18,5	19,0	Нет	14,0	Нет
20...30	14,0	13,5	14,2	13,5	14,1	15,0	15,0	17,1	17,6	—	13,0	—
<i>5 октября</i>												
0...5	3,0	3,3	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,2	3,0	4,0	4,0	4,0
5...10	3,8	4,2	4,0	3,0	3,2	3,0	3,0	3,9	3,5	5,0	5,0	5,0
10...20	4,0	4,6	4,3	3,6	4,0	4,0	3,8	4,0	4,0	6,5	6,5	6,5
20...30	5,0	5,0	5,0	5,0	5,5	5,3	6,0	7,2	7,0	7,3	7,3	7,3

Глубина, см	Дренажные почвы						Почвы леса, естественный режим							
	3			4			2				3			
	7.00	13.00	19.00	7.00	13.00	19.00	7.00	13.00	19.00	7.00	13.00	19.00	7.00	13.00
<i>4 мая</i>														
0...5	4,5	11,9	9,0	4,0	10,0	9,2	6,0	9,1	9,0	5,9	9,1	8,7	6,0	9,3
5...10	4,2	8,5	8,9	4,0	9,0	7,9	4,5	5,6	6,0	5,6	6,9	6,0	5,3	6,2
10...20	5,0	6,0	8,1	3,5	7,5	6,5	4,0	3,9	4,0	5,0	5,7	5,0	5,0	5,5
20...30	4,5	6,0	7,2	3,0	5,0	5,0	3,0	3,2	4,0	4,5	4,9	4,0	3,5	4,0
<i>9 июня</i>														
0...5	19,0	22,1	21,0	20,0	22,5	22,0	—	16,9	—	—	15,3	—	—	14,9
5...10	16,0	21,5	20,0	18,0	20,0	20,0	—	17,0	—	—	16,0	—	—	14,5
10...20	15,0	15,5	15,8	14,0	14,2	14,8	—	11,0	—	—	14,0	—	—	15,1
20...30	14,0	14,0	14,0	13,0	13,2	13,0	—	11,9	—	—	11,9	—	—	15,5
<i>5 октября</i>														
0...5	—	—	—	—	—	—	3,0	4,0	4,0	3,0	4,0	3,5	4,0	5,0
5...10	—	—	—	—	—	—	4,0	5,0	4,5	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0
10...20	—	—	—	—	—	—	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
20...30	—	—	—	—	—	—	5,0	5,0	5,0	5,0	5,5	5,5	5,5	5,5

Примечание. 2 — глубококоглевая; 3 — глееватая; 4 — глеевая; 5 — торфянисто-подзолисто-глеевая почвы.

уровень влажности, выше которого происходит понижение теплопроводности. Такими критическими величинами А. Ф. Чудновский (1948) считал для песка, суглинка и глины значения выше 8, 20, 23... 25 %. Близкие критические значения влажности для этих пород установлены В. Н. Димо (1948). По нашим наблюдениям, для суглинистых почв повышение температуры продолжается до тех пор, пока их влажность не превысит 22...26 %. Такой влажностью обычно обладают глеевые почвы. Значительное повышение влажности на торфянисто-подзолисто-глеевой почве ведет к понижению ее теплопроводности.

Значительный интерес представляют сведения об изменении суточных температур по профилю почв (табл. 36). В слое 0...5 см в средний по осадкам 1971 г. отмечены резкие колебания дневных и ночных температур. Для всех почв в весенний период она составляет около 5 °С, летом — 3...4 °С. Осенью температура в течение суток почти не менялась. Обращают внимание суточные температуры торфянисто-подзолисто-глеевой почвы. Благодаря большой теплоемкости ее органической массы происходит медленное прогревание. Это обуславливает относительно равномерное распределение температур в течение суток. На всех почвах в слоях 5...10, 10...20, 20...30 см амплитуда колебания суточных температур составляет 2...4 °С весной и 1...2 °С летом, причем глеевые почвы в эти периоды имеют наиболее высокие температуры.

Таким образом, суточные температуры отражают ту же тенденцию прогревания почв, что и рассмотренные выше данные по изменению температуры почв на 13 ч. Осенью температура всех рассматриваемых почв в течение суток существенно не менялась. Полученные данные позволяют подразделить дерново-подзолистые суглинистые почвы разной степени оглеения на три группы, объединяющие почвы, близкие по температурному режиму и режиму влажности. Первую группу образуют неоглеенные, глубокооглеенные и глееватые почвы. Вторую — более темные и более влажные глеевые, температура которых в весенний период на 1...2 °С, а в летний — на 5...6 °С выше, чем в более сухих. В третью группу входят длительно обводненные торфянисто-подзолисто-глеевые почвы, нагревание которых происходит медленно. Их температура в летний период значительно ниже температуры почв первой и второй групп.

Элементы температурного режима почв в лесу. Параллельно с изучением температуры почв в поле в 1971 и 1972 гг. исследовали температурный режим почв рассматриваемого ряда в лесу (рис. 5.15). Общая тенденция изменения температур лесных почв та же, что и почв в поле. Однако почвы в лесу в летний период были значительно холоднее, а в ранневесенний и осенний периоды их температуры близки температурам в поле или выше их. Это объясняется тем, что кроны деревьев защищают от инсоляции поверхность почвы, а теплоемкость лесной подстилки значительно выше теплоемкости поверхностных минеральных горизонтов. В весенний период 1971 г. в слое 0...10 см разница температур почв в поле и в лесу составляла 1...2 °С.

Летом эти различия увеличились до $5...8^{\circ}\text{C}$. Здесь, как и в поле, самой теплой оказалась глеевая почва. Летом зона прогревания выше 15°C (рис. 5.16) в лесу на глубокооглеенной почве охватывала слой 30 см, глееватой — 60, глеевой — 75 см. В поле на всех вариантах почвы прогревались на $5...7$ см глубже. Осенью почвы в лесу были на $1...2^{\circ}\text{C}$ теплее, чем в поле.

В жаркий период 1972 г. температурные различия между почвами в поле и в лесу увеличились. Под лесом на глубине $0...20$ см почвы оказались на $6...10^{\circ}\text{C}$ холоднее, чем в поле. К осени эта разница постепенно уменьшалась, и в октябре их температура выравнивалась. В такой сухой год особенно четко проявились различия глубины прогревания почв леса и поля. В поле глубокооглеенная и глееватая почвы прогрелись до температуры выше 15°C на глубину более 105 см, а в лесу — только до 50 см. Глеевая почва в лесу на глубине $20...150$ см на $2...3^{\circ}\text{C}$ теплее глееватой. Таким образом, в отличие от поля здесь между вариантами различия по всем глубинам менее выражены.

Колебания температуры почвы в течение суток (см. табл. 36) в лесу в отличие от поля в летний период протекают довольно однозначно и составляют для ряда рассматриваемых почв в слоях $0...5$ см — $3,0^{\circ}\text{C}$; $5...10$ см — $1,5$; $10...30$ см — $0,5^{\circ}\text{C}$. Осенью температуры лесных почв в течение суток меняются незначительно (на $1,0...0,5^{\circ}\text{C}$) в слое $0...10$ см; в более глубоких слоях профиля температуры в течение суток остаются весьма стабильными.

Элементы температурного режима осушенных почв. В результате осушения происходит резкое изменение влажности глеевой почвы (табл. 37) и, как следствие, выравнивание в ранневесенний период температур всех осушаемых почв рассматриваемого ряда. В целом по профилю осушаемая глееватая почва в мае всего на 2°C , глеевая — на 1°C теплее неоглеенной. До осушения эта разница составляла $2...5^{\circ}\text{C}$. В дальнейшем большую часть вегетационного периода осушаемая глееватая почва остается несколько теплее неоглеенной (на $2...3^{\circ}\text{C}$). Разница температур на осушаемой глеевой почве по сравнению с неоглеенной после осушения сократилась с $5...7$ до $1...3^{\circ}\text{C}$. В осенний период происходит сближение температур неоглеенной и осушенной глеевой почв.

После осушения как водный, так и температурный режимы заболоченных почв оказываются близкими к режимам незаболоченных, что объясняется уменьшением их теплоемкости. Значительный интерес представляет изменение температуры осушенных почв в течение суток. Наибольшие различия весной наблюдаются в слое $0...5$ см. Колебания температур в течение суток в этом слое равны $4...6^{\circ}\text{C}$. В слое $5...30$ см они сокращаются до $2...3^{\circ}\text{C}$. Летом картина несколько меняется. Колебания температуры в верхнем слое $0...5$ см составляют $2,5...4,0^{\circ}\text{C}$, с глубиной ($5...30$ см) они сокращаются до $0,5...1,0^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, по характеру температурного режима суглинистые почвы ряда дерново-подзолистые неоглеенные, глубокооглеенные, глееватые, глеевые и торфянисто-подзолисто-глеевые, типичные почвы юга лесной зоны в естественном (неосушенном) состоянии мо-

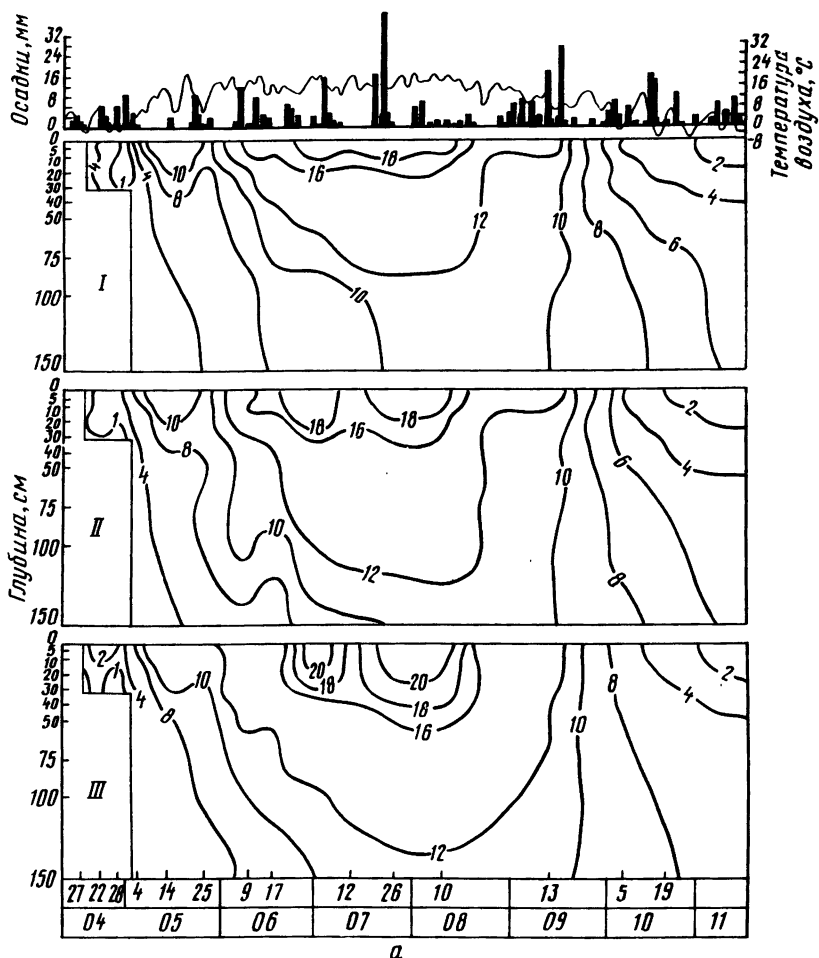
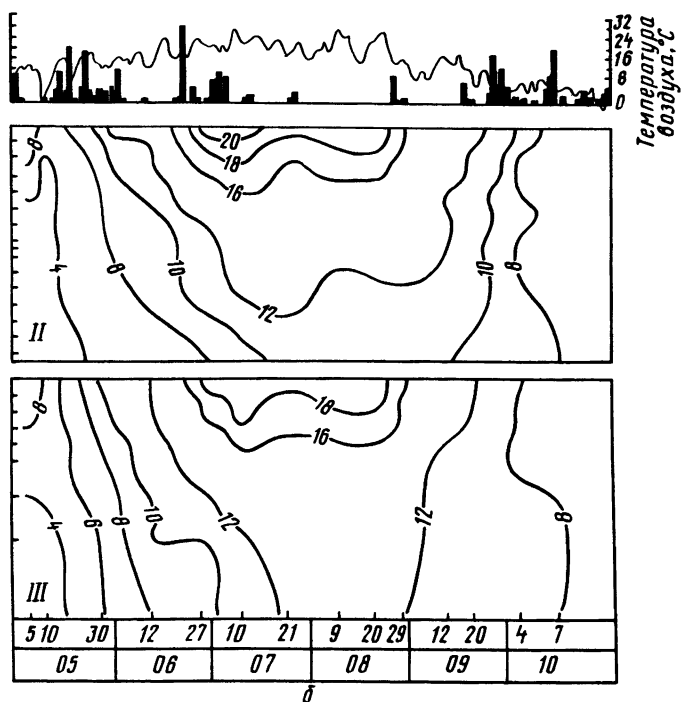


Рис. 5.15. Термоизошеты дерново-подзолистых суглинистых
 а – средний по влажности год; б – засушливый год; почвы дер-
 глеевые

гут быть дифференцированы на три группы: а) почвы, близкие по температурному режиму (неоглеенные, глубокооглеенные и глееватые), влажность которых изменяется преимущественно в интервале ППВ...ВРК; б) глеевые почвы с влажностью, равной или превышающей ППВ, температура этих почв обычно на 1...3 °C выше температуры почв первой группы; в) торфянисто-подзолисто-глеевые и более заболоченные почвы, влажность которых в течение вегетационного периода близка к полной влагоемкости, а температура значительно ниже в летний период по сравнению с температурами почв первой и второй групп.



почв разной степени заболоченности в лесу:

ново-подзолистые: I – глубокооглеенные; II – глееватые; III –

Дерново-подзолистые суглинистые почвы разной степени заболоченности обладают благоприятными температурными условиями для роста и развития сельскохозяйственных культур. Лимитирующим фактором для их развития служит водный режим таких почв.

В результате осушения температуры дерново-подзолисто-глеевой почвы (как и ее водный режим) оказываются близкими к температурам неоглеенной почвы.

Почвы в лесу в летний период значительно холоднее полевых аналогов. В ранневесенний и осенний периоды температура почв в лесу равна или несколько выше, чем в поле.

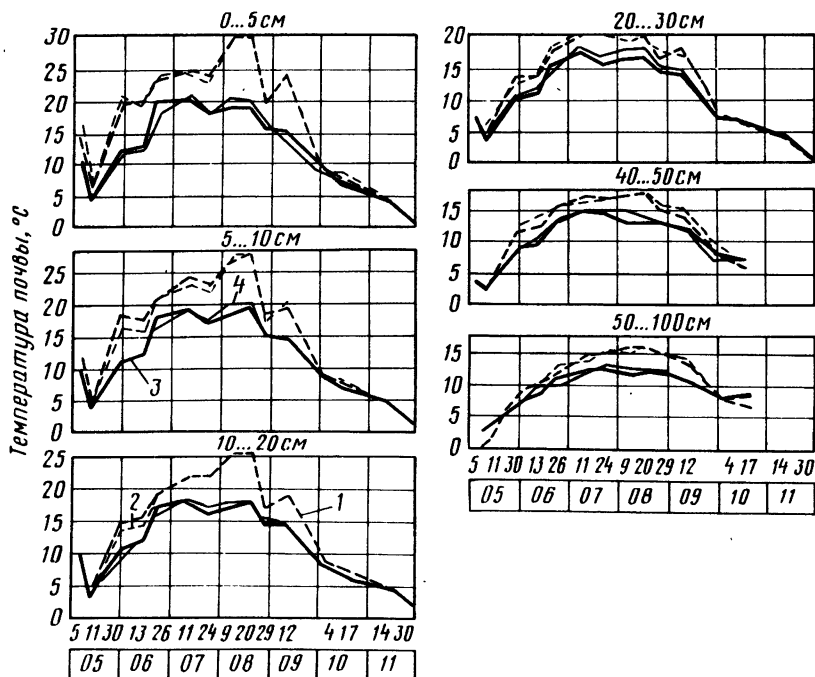


Рис. 5.16. Послойные температуры дерново-подзолистых суглинистых почв разной степени заболоченности в лесу и на пашне (Волоколамский мелиоративный почвенно-гидрологический стационар). Почвы:

1 — глубокооглеенная; 2 — глееватая на пашне; 3 — глубокооглеенная; 4 — глееватая в лесу

37. Изменение запасов влаги в дерново-подзолистых почвах под влиянием дренажа (1971 г.), мм

Почва	27.04	5.05	13.05	26.05	9.06	16.06	1.07
Глееватая:							
неосушенная	322	331	323	315	304	313	273
осушенная	320	331	308	266	262	285	258
влага, сработанная дренажем	12	—	15	49	42	28	15
Глеевая:							
неосушенная	427	458	458	415	347	357	336
осушенная	377	456	338	308	343	315	315
влага, сработанная дренажем	50	2	120	107	4	42	21
Неоглеенная	297	327	299	284	278	302	269

Почва	12.07	26.07	11.08	25.08	14.09	23.09	6.10	20.10
Глееватая:								
неосушенная	292	326	297	290	307	316	327	362
осушенная	275	305	289	282	286	305	299	318
влага, сработанная дренажем	17	21	8	8	21	11	28	44
Глеевая:								
неосушенная	336	402	341	310	360	368	372	458
осушенная	333	312	324	277	307	347	336	373
влага, сработанная дренажем	3	90	17	33	53	21	36	85
Неоглеенная	275	284	264	260	293	288	296	314

Эти особенности температурного режима свойственны нетяжелым почвам Среднерусской провинции дерново-подзолистых почв с умеренно континентальным относительно мягким климатом. В тяжелосуглинистых и глинистых почвах, приуроченных к условиям с менее продолжительным теплым периодом, с нарастанием степени заболоченности происходит адекватное изменение температурного режима, постепенное охлаждение всех горизонтов почвенного профиля. Наблюдения автора и А. Д. Старцева показывают, что в условиях Вятско-Камской провинции юга лесной зоны в ряду широко распространенных здесь дерново-карбонатных, дерново-глееватых и дерново-глеевых почв на глинистом карбонатном элювии пермских красноцветных сланцев наблюдается закономерное снижение температуры всех горизонтов почвенного профиля. Температура перегнойно-глеевых почв всегда на 3...4 °С ниже по сравнению с соответствующими слоями неоглеенных. Заболоченные почвы медленнее (на 10...15 дней) прогреваются и позднее остывают. Поэтому, если в условиях Центрального Нечерноземья осушение заболоченных почв направлено главным образом на регулирование гидрологического режима, то в более континентальных районах оно оказывает благоприятное влияние не только на их водный режим, но и на температурные особенности, заметно увеличивая продолжительность вегетационного периода и температуру корнеобитаемых горизонтов.

6. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ОСУШЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ЗАБОЛОЧЕННОСТИ

Одна из центральных проблем мелиоративного почвоведения Нечерноземной зоны — оценка целесообразности осушения минеральных почв разной степени гидроморфизма. Исходя из требований к дренажу (обеспечение благоприятных условий для сельскохозяйственного производства в годы 10 %-ной обеспеченности осадками), автором на основе рассмотренного выше эколого-гидрологического принципа

была разработана прикладная мелиоративная и сельскохозяйственная классификация заболоченных почв основных территорий Европейского Нечерноземья в пределах южнотаежной подзоны и зоны широколиственных лесов. По мере накопления необходимых данных такой подход может быть реализован в других сельскохозяйственных регионах. В этом смысле эколого-гидрологический принцип классификации заболоченных почв является универсальным. Это подтверждается, в частности, данными Г. В. Русановой и В. А. Безносикова (1988), полученными в Коми АССР. Ими показано, что дренаж оказался малоэффективным при осушении тяжелых подзолистых слабооглеенных почв на тяжелых покровных лессовидных породах при возделывании клевера, убыточным при возделывании тимофеевки и однолетних влаголюбивых трав (горохо-овсяная смесь) и весьма доходным мероприятием при выращивании картофеля. Эта культура позволяла окупить затраты на дренаж в условиях средней тайги за 1,5...2 года, тогда как использование слабооглеенных почв под травы делало осушение безусловно нецелесообразным.

Важная дополнительная составная часть эколого-гидрологического подхода к построению классификации почв, их мелиоративной и агрономической оценке — эколого-экономическое обоснование осушения. Из таблицы 35 следует, что преимущественно на подзолистых и болотно-подзолистых почвах на тяжелых породах и на маломощном двучлене урожайность полевых культур однозначно изменяется с изменением степени их заболоченности в годы разной влажности. Ряды почв на таких породах характеризуются слабоглееватыми видами с ИСЗ, равным или большим 6, а их глееватые почвы имеют ИСЗ = 7 и выше. Вместе с тем в Нечерноземье широкое распространение получили почвы на более легких породах (песках и супесях, легких суглинках или структурные почвы на тяжелых породах, отличающихся относительно повышенной водопроницаемостью). В ряду этих почв на начальных этапах проявления признаков гидроморфизма существуют такие виды, которые в сухие и средние годы обладают весьма благоприятным режимом для роста и развития большинства сельскохозяйственных культур. Во влажные годы на них возможно угнетение или гибель основных культур полевых севооборотов на фоне устойчивого развития трав. Чаще всего это свойственно почвам легкого гранулометрического состава с ИСЗ не выше 6.

Ряды таких почв, как показывают исследования, можно дифференцировать на три группы, в рамках которых растения по-разному реагируют на свойственный им гидрологический режим и гидроморфизм.

Во-первых, преимущественно глубокооглеенные почвы, на которых независимо от влажности года всегда получают такой же или более высокий урожай, что и на автоморфных почвах. Кратковременное переувлажнение, например, ранней весной или осенью, вызывая появление здесь слабых признаков гидроморфизма, обычно способствует формированию более благоприятных гидрологических условий в вегетационный период и более высокого урожая.

Во-вторых, на таких легких породах, приуроченных к флювиогля-

циальным, аллювиальным, моренным, покровным породам, средне-мощным двучленам, формируются сильнозаболоченные почвы, водный режим которых исключает или резко угнетает рост и развитие сельскохозяйственных культур. Эта группа объединяет подзолисто-глеевые, торфянисто-подзолисто-глеевые и более гидроморфные почвы.

Очевидно, для почв первой группы, объединяющих слабогидроморфные виды, на которых в любые годы могут быть получены более высокие урожаи, чем на автоморфных почвах, осушение нецелесообразно вообще. Оно может вызвать лишь стабильное систематическое снижение урожайности культур в результате нецелесообразного обезвоживания почв.

Вторая группа почв может быть вовлечена в сельскохозяйственное производство только после осушения. Применительно к этим почвам, так же как и к тяжелым, рекомендации о целесообразности осушения в годы с 10 %-ной обеспеченностью осадками являются, несомненно, исчерпывающими для оценки целесообразности применения осушения.

В-третьих, следует подчеркнуть особенности и такой группы, на которой одни и те же сельскохозяйственные культуры в годы разной влажности на почвах одной степени заболоченности неодинаково реагируют на погодные условия. Это относится преимущественно к глееватым почвам на легких породах. В мелиоративном аспекте здесь возможны два решения. Можно ориентироваться на создание наиболее благоприятных условий для самых чувствительных к избыточному увлажнению культур в составе севооборота. Однако при таком решении дренаж может вызвать снижение урожая ряда других относительно устойчивых культур севооборота и оказаться поэтому экономически нецелесообразным. Для этих почв может быть принято другое решение. Именно на почвах третьей группы целесообразность применения дренажа на год расчетной обеспеченности следует дополнительно корректировать *эколого-экономической оценкой* его эффективности. Сущность такой оценки заключается в определении сроков окупаемости капиталовложений на строительство дренажа тем урожаем, который может быть получен на почвах данной степени заболоченности. Методика эколого-экономической оценки целесообразности применения осушения сводится к следующим расчетам. Чтобы обосновать целесообразность осушения минеральных почв, необходимы в первую очередь данные об урожайности сельскохозяйственных культур на почвах разной степени заболоченности в годы разной влажности для каждой почвенно-климатической провинции, а также сведения о составе проектируемых севооборотов на осушаемых территориях и объеме капиталовложений в мелиоративное строительство на единицу площади. Исходя из того, что на многих заболоченных почвах после осушения урожай, как показали наши исследования (рис. 6.1), оказывается близким или равным урожаю на автоморфных недренированных почвах, была предложена следующая формула для расчета дополнительной стоимости (ДС) продукции от осушения, р. на 1 га:

$$ДС = НС - ЗС - ЭР, \quad (1)$$

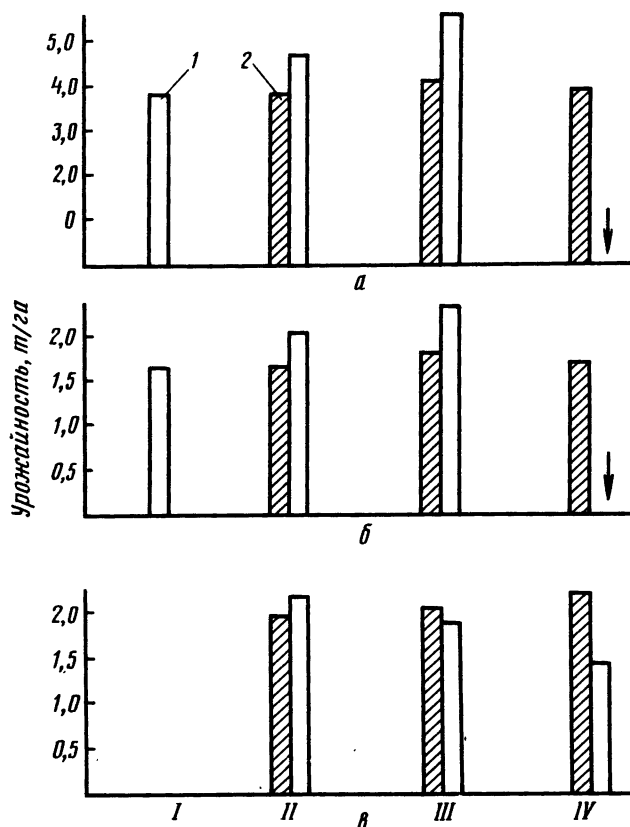


Рис. 6.1. Урожайность некоторых сельскохозяйственных культур на недrenированных (I) и дренированных (2) дерново-подзолистых почвах разной степени заболаченности: а — клевер + тимофеевка в экстремально влажный год; б, в — ячмень (зерно) соответственно в экстремально сухой и средний по осадкам годы. Почвы:

I — неоглеенные; II — глубокооглеенные; III — глееватые; IV — глеевые

где HC — стоимость продукции культур севооборота на незаболоченной почве; $ЗС$ — стоимость продукции культур севооборота на заболоченной почве в условиях естественного водного режима; $ЭР$ — расходы на эксплуатацию осушительной системы.

По этой формуле может быть определена стоимость дополнительной продукции от применения дренажа на основании анализа урожайности сельскохозяйственных культур на почвах разной степени заболаченности с естественным гидрологическим режимом. Вместе с тем результаты более поздних наших наблюдений и данные других авторов позволяют внести в эту формулу два дополнения, которые в определенных условиях позволяют более точно рассчитать реальный

объем дополнительной стоимости, получаемый от осушения, и срок его окупаемости.

Во-первых, в результате осушения во влажные годы или в посевной и уборочный периоды на глееватых почвах существенно улучшаются условия проходимости техники и снижаются расходы топливно-смазочных материалов.

Стоимость сэкономленного топлива, улучшение условий эксплуатации и сохранность сельскохозяйственной техники — прямое следствие осушения. Этот фактор до последнего времени не учитывался в должной мере при экономических расчетах. Однако его не только экономическое, но и социальное значение достаточно очевидно. Поэтому в формулу (1) следует ввести стоимость экономии топливно-смазочных материалов и ремонтных работ (*СГР*) в результате осушения. Во-вторых, формула основана на условии, что после дренажа на осушенных почвах должен быть получен такой же урожай, что и на автоморфных недренированных почвах. Это позволяет произвести эколого-экономическую оценку эффективности осушения на стадии мелиоративных изысканий и проектирования до строительства, а также в регионах, где отсутствует опыт осушения гидроморфных почв. В этом преимущество такого расчета.

Это положение подтверждают данные Н. И. Смеяна и А. Ф. Черныша (1983, 1986), полученные для суглинистых и песчаных дерново-подзолистых почв Белоруссии. Среднемноголетние значения урожая разных культур на дренированных заболоченных почвах, по данным этих авторов, близки или равны урожаю на автоморфных почвах того же генезиса и гранулометрического состава. Вместе с тем по отдельным годам можно проследить некоторые отклонения от этой общей закономерности. Поэтому при расчетах можно использовать данные как по урожайности на автоморфных, так и сведения об урожайности на дренированных почвах данной степени заболоченности. Следует лишь отметить, что получение последних сведений обычно оказывается более сложным. Поэтому для практических расчетов удобнее использовать данные по урожайности на автоморфных почвах.

Наконец, следует подчеркнуть и еще один источник, влияющий на абсолютную величину дополнительной стоимости продукции при осушении глееватых почв на относительно легких породах. Осушение позволяет ликвидировать мелкоконтурность угодий и создать крупные поля. Поэтому если осушение сопровождается ликвидацией мелкоконтурности, то выигрыш от этого в результате оптимизации производственных процессов на таких массивах также должен получить соответствующую экономическую оценку и отражение в общей формуле расчета дополнительной стоимости.

С учетом всех этих замечаний формула определения дополнительной стоимости в результате осушения приобретает следующий вид, р. на 1 га:

$$ДС = НС \text{ (или } Д_p C) - ЗС - ЭР + ГРС + МС, \quad (2)$$

где HC – стоимость продукции культур севооборота на незаболоченной автоморфной почве; $ДpC$ – стоимость продукции культур севооборота на дренированной почве данной степени заболоченности; $ЗC$ – стоимость продукции культур севооборота на заболоченной почве; $ЭP$ – расходы на эксплуатацию осушительной системы; $ГPС$ – стоимость сэкономленного горючего и сокращения ремонтных работ; MC – стоимость продукции в результате ликвидации мелкоконтурности и оптимизации сельскохозяйственного производства.

После того как определена дополнительная стоимость продукции в результате осушения, зная стоимость дренажа, рассчитывают срок окупаемости (O , год) капиталовложений на его строительство, р. на 1 га:

$$O = 10 PП / ДC, \quad (3)$$

где P – затраты на строительство дренажа; $П$ – число полей севооборота; $ДC$ – дополнительная стоимость ($\pm$) продукции, полученная в результате дренажа почв данной степени заболоченности со всех полей севооборота за 10-летний период в сухие, средние, влажные и сырые годы.

Расчет окупаемости выполняется с учетом дохода (+) или убытка (–) от возделывания всех культур севооборота за десятилетний цикл с учетом урожая в годы с погодными условиями, свойственными данной почвенно-климатической провинции. Например, для Среднерусской провинции дерново-подзолистых почв вероятность повторения сухих, средних, влажных и сырых лет составляет соответственно 10, 70, 10, 10 %, т. е., для того чтобы оценить все варианты влияния погодных условий на урожай и его стоимость, необходимо учесть особенности 1 сухого, 7 средних, 1 влажного и 1 сырого годов (табл. 38). Далее суммируют доход (убыток) от каждой культуры севооборота за 10 лет по годам разной обеспеченности осадками и по формуле (3) рассчитывают срок окупаемости дренажа.

38. Эффективность осушения керамическим дренажем при возделывании некоторых культур на дерново-подзолистых глееватых и глеевых почвах легкосуглинистого состава на суглинистых покровных породах Среднерусской провинции (юг лесной зоны), р. на 1 га

Культура	Доход (+), убыток (–) от осушения в годы				Доход (+), убыток (–) за 10 лет
	сухие (1 год)	средние (7 лет)	влажные (1 год)	сырые (1 год)	
Глееватые почвы					
Озимая пшеница	+ 221	+ 1010	+ 115	+ 339	+ 1675
Ячмень	– 36	+ 63	– 79	+ 96	+ 44
Травы 1-го года пользования	– 55	– 350	– 83	– 75	– 563
Картофель	– 90	+ 854	+ 255	+ 438	+ 1457
Глеевые почвы					
Озимая пшеница	+ 267	+ 3507	+ 463	+ 610	+ 4847
Ячмень	+ 61	+ 616	+ 113	+ 135	+ 925
Травы 1-го года пользования	+ 113	+ 1591	+ 113	+ 163	+ 1980
Картофель	+ 529	+ 11 250	+ 1412	+ 991	+ 14 182

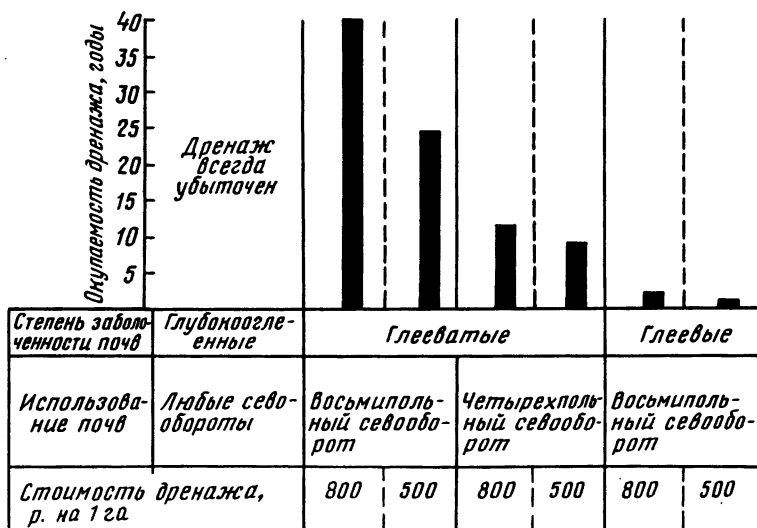


Рис. 6.2. Окупаемость керамического дренажа на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах разной степени забо́лоченности (среднерусская провинция дерново-подзолистых почв); восьмипольный севооборот (1 — однолетние травы; 2 — озимая пшеница, 3 — овес, 4 — ячмень, 5, 6 — многолетние травы, 7 — лен, 8 — картофель); четырехпольный севооборот (1 — однолетние травы, 2 — озимая пшеница, 3 — картофель, 4 — лен)

В качестве примера итога такого расчета на рисунке 6.2 показаны сроки окупаемости керамического дренажа, рассчитанные по изложенной методике, на осушаемых глубокооглеенных, глееватых и глеевых почвах. Поскольку урожай всех культур на глубокооглеенных почвах всегда выше, чем на автоморфных, их дренаж в экономическом отношении убыточен, а в экологическом — нецелесообразен или опасен. На глеевых почвах, водный режим которых исключает возможность возделывания всех культур (в том числе и многолетних трав), осушение всегда эффективно и окупается через 1...2 года, т. е. практически первым урожаем. Сложнее решается вопрос о сроках окупаемости дренажа на глееватых легкосуглинистых почвах. Из таблицы следует, что их дренаж убыточен, если поле занято многолетними травами, или малоэффективен в случае, если поле занято яровыми зерновыми, в частности ячменем. Доход от возделывания ячменя за 10 лет составил всего 44 р. Однако озимая пшеница и картофель весьма отзывчивы на осушение в средние, влажные и сырые годы. Поэтому окупаемость дренажа при использовании таких глееватых легкосуглинистых почв для размещения районированных 8-польных севооборотов (см. рис. 6.2) оказалась весьма невысокой — 25 и 40 лет (в зависимости от стоимости дренажа). Следовательно, осушение дерново-подзолистых глееватых легкосуглинистых почв для размещения такого 8-польного севооборота, а также сенокосных угодий экономически невыгодно.

Однако если на этих почвах севооборот окажется иным, насыщенным другими культурами, чувствительными к избыточному увлажнению (например, озимыми зерновыми, картофелем), то в этом случае, как следует из рисунка, окупаемость инвестиций на строительство закрытого гончарного дренажа сократится до 7...12 лет. Такое резкое сокращение сроков окупаемости возможно, например, на фоне 4-польного севооборота (1 — однолетние травы, 2 — озимая пшеница, 3 — картофель, 4 — лен) при современном сравнительно невысоком уровне урожайности ячменя (1,8...2,5 т/га), озимой пшеницы (2,5...3,5 т/га) и картофеля (20,0...25,0 т/га). Даже при таком уровне урожайности уменьшение срока окупаемости до 7 лет (без учета влияния осушения на уменьшение расходов горючего, сокращение ремонта техники, последствий от ликвидации мелкоконтурности) позволяет признать целесообразным строительство дренажных систем.

Сокращение сроков окупаемости дренажа зависит, однако, не только от изменения состава севооборотов, но и в значительной мере от уровня сельскохозяйственного производства, системы удобрений, абсолютных значений проектной и фактической урожайности культур на осушаемой территории. Поэтому чем выше уровень сельскохозяйственного производства и урожай, тем более рентабельными являются мероприятия по мелиорации почв; наоборот, низкий уровень продуктивности растений делает малоэффективной любую совершенную инженерную осушительную систему.

Выше подчеркивалось, что эколого-экономический метод оценки эффективности дренажа должен применяться для почв, на которых урожайность сельскохозяйственных культур оказывается весьма изменчивой в зависимости от влажности года. Поэтому, в частности, использование этого метода нецелесообразно для глееватых, часто — для слабоглееватых почв тяжелого гранулометрического состава с низкой водопроницаемостью подпахотных горизонтов, на которых возможно угнетение культур полевых севооборотов в средние и влажные годы.

Использование эколого-экономического метода расчета окупаемости дренажа нецелесообразно также и при самотечном осушении легких почв, поскольку в зоне распространения глееватых и глеевых минеральных почв обычно нерационально проектировать сеть регулирующих дрен из-за перекрывающего ареал глееватых почв дренирующего действия проводящих элементов осушительных систем (коллекторов, магистральных каналов). Таким образом, эколого-экономический метод дает возможность количественно оценить целесообразность применения этого вида мелиорации для оптимизации агроэкологических условий наиболее *неоднородной* по условиям сельскохозяйственного производства группы почв.

Наряду с количественным методом оценки об эффективности осушения минеральных почв разной степени заболоченности качественно можно судить по коэффициенту эффективности осушения (КЭ). Этот простой и наглядный прием анализа данных предложен А. Ф. Черны-

шем (1986). Под этим коэффициентом автор понимает отношение урожайности культуры на осушенной почве к урожайности на неосушенной почве той же степени заболоченности (в исходном состоянии).

В заключение необходимо обратить внимание еще на одно обстоятельство. Нередко в практике при оценке экономической эффективности и сроков окупаемости дренажа дополнительную стоимость продукции определяют как разность между проектной урожайностью культур и средней реальной урожайностью по данному хозяйству, району, области. Однако средняя урожайность по хозяйству не отражает реальную исходную продуктивность почв разной степени заболоченности, в частности конкретные урожаи на глееватых и глеевых почвах. Поскольку значительные площади землепользований хозяйств образуют автоморфные незаболоченные почвы, эта статистическая урожайность обычно выше, чем реальная на существующих глееватых и глеевых почвах.

Вместе с тем в стране в целом не ведется учет урожайности на почвах разной степени заболоченности. В результате разность между проектируемой и общей реально учитываемой урожайностью на почвах разной степени заболоченности оказывается существенно заниженной, а сроки окупаемости дренажа поэтому — завышенными. Для количественной оценки значения такой характеристики урожайности при экономическом обосновании осушения в составе современных мелиоративных проектов автором и В. А. Замыцким был произведен анализ многолетних статистических данных по урожайности зерновых культур в Кировской области, полученных в целом для всех минеральных почв, приуроченных к элюво-делювию пермских отложений, и выполнено их сопоставление с собственными многолетними наблюдениями за урожайностью зерновых на дерново-глееватых и дерново-глеевых почвах.

На рисунке 6.3 показаны уровни проектной и средней урожайности районированных зерновых культур за многолетний цикл наблюдений по областным статистическим данным. Как видно из рисунка, разница между проектной и средней урожайностями невелика и составляет всего от 2 до 0,4...0,6 т/га, причем максимальные расхождения (0,4...0,6 т/га) встречаются редко, главным образом в экстремальные годы. В целом эти две кривые дают весьма близкие значения, поскольку в конечном итоге в хозяйствах преобладают незаболоченные почвы.

Из этого сопоставления можно было бы сделать ошибочный вывод о том, что осушение заболоченных почв в этом регионе экономически нецелесообразно. Иная (и, по нашему мнению, более реальная) оценка следует из сопоставления среднеемноголетних и особенно проектных уровней урожайности с той, которая была фактически установлена на глееватых и глеевых почвах. При такой конкретной оценке урожая оказалось, что на глееватых почвах различия в урожае зерновых почти ежегодно были равны 0,6...1,0 т/га, а на глеевых почвах, водный режим которых полностью исключает условия для нормального роста и развития растений, в разные по влажности годы составили 0,8...1,8 т зерна с гектара. При стоимости дренажа 1000 р. на 1 га затраты на его

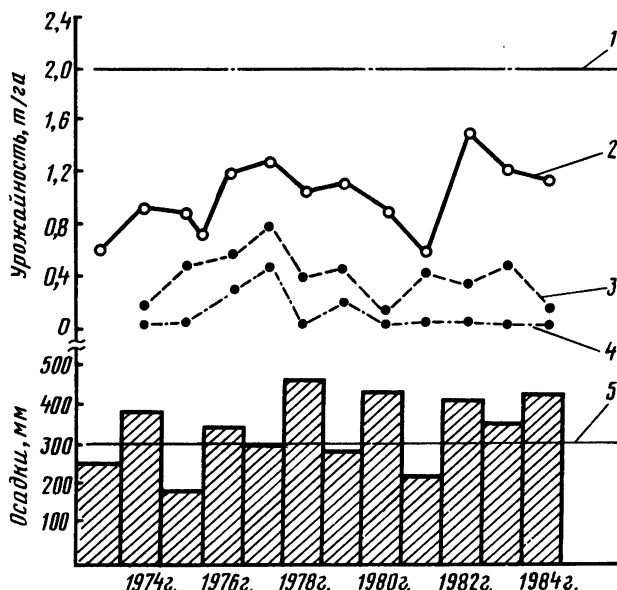


Рис. 6.3. Урожайность зерновых культур в Кировской области:

1 — проектная на осушенных почвах; 2 — средняя по хозяйствам на незаболоченных и заболоченных почвах; 3 — на недренированных дерново-глебоватых; 4 — на дерново-глебоватых почвах; 5 — средняя многолетняя сумма осадков за теплый период (май — сентябрь)

устройство могут окупиться на глееватых и глеевых почвах соответственно 9 и 5 лет.

Таким образом, для того чтобы не ошибиться при оценке экономической эффективности дренажа, дополнительный объем продукции, получаемой в результате осушения, необходимо рассчитывать как разность между проектной урожайностью и той реальной, которую получают на конкретных почвах разной степени заболоченности. Иной подход к расчету окупаемости приведет к ошибочным и, как правило, заведомо завышенным срокам окупаемости дренажа.

В заключении раздела, посвященного экономической эффективности осушения, необходимо подчеркнуть и еще одно важное, но не вполне понятое и признанное обстоятельство. В отличие от орошения дренаж в принципе не может существенно повысить плодородие осушаемых заболоченных почв по сравнению с незаболоченными. Это особенно справедливо в отношении двух наиболее распространенных в Нечерноземной зоне типов почв: подзолистого и болотно-подзолистого различного гранулометрического состава. Следует подчеркнуть, что после укладки дренажа эти почвы могут не повысить, а, напротив, существенно снизить свое потенциальное плодородие по сравнению с

автоморфными в результате уменьшения мощности гумусового горизонта или его разбавления породой в процессе выполнения дренажных, планировочных, культуртехнических и других работ. Поэтому ситуация, когда продуктивность осушенных оглеенных, преимущественно суглинистых и глинистых болотно-подзолистых почв будет близка или равна продуктивности автоморфных почв, является вполне закономерной. Это обстоятельство следует рассматривать как основополагающее при экономических расчетах окупаемости осушения.

7. ОПЫТ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ДИАГНОСТИКИ СТЕПЕНИ ЗАБОЛОЧЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВ

7.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Выше было показано, что рациональное проектирование мелиоративных мероприятий и целесообразное народнохозяйственное использование минеральных почв разной степени заболоченности возможно только на основе их эколого-гидрологической оценки. Очевидно, надо знать водный режим почв, на изменение которого направлены мелиоративные мероприятия, и представлять реальные экологические условия, в которых развиваются и формируют урожай сельскохозяйственные растения.

Поэтому разработка классификации минеральных автоморфных и гидроморфных почв на основе эколого-гидрологического подхода предусматривает решение двух взаимообусловленных задач. Первая заключается в дифференциации почвенного континуума (в рассматриваемом случае — непрерывного ряда почв с нарастающими признаками гидроморфизма) на *виды*, значимо отличающиеся в прикладном отношении по особенностям водного режима и агроэкологическими условиями. После того как такие виды установлены, особое значение приобретает разработка их диагностики.

Следует подчеркнуть два аспекта этой второй задачи: морфогенетический и аналитический. Первый реализуется путем выявления стабильных морфологических, легко фиксируемых в поле индивидуальных признаков гидроморфизма, свойственных каждому виду (см. главу 3). Система морфогенетической диагностики позволяет опознавать такие почвы в полевых условиях, определять и картировать ареалы их распространения. Эта система должна быть дополнена системой аналитических тестов, которые позволяют в целом сделать ее количественной и более объективной, придать работе инструментальный характер.

До недавнего времени методы количественного определения степени гидроморфизма почв оставались практически неразработанными, а диагностика степени заболоченности минеральных почв применительно к отдельным видам отсутствовала вообще. Это объяснялось в основном тем, что при попытках выявить количественные критерии гидроморфизма обычно анализировали всю массу почвенного образца в це-

лом. В этом случае нередко удавалось обнаружить лишь некоторые общие изменения распределения несиликатного железа по профилю почв. Так, на примере широкого спектра почв Нечерноземья на разных породах было показано, что с нарастанием заболоченности (в пространстве) происходит постепенное увеличение содержания железа в поверхностных горизонтах профиля. Х. П. Блюме и У. Швертманн (1969) установили, что в этих случаях увеличивается соотношение Fe_o/Fe_d , т. е. железа, извлекаемого оксалатной вытяжкой по Тамму (Tamm, 1934), к железу, экстрагируемому дитионитовой вытяжкой Мера — Джексона (Мер, Джексон, 1969).

Вместе с тем абсолютное содержание общего несиликатного железа в поверхностных горизонтах профиля во времени и в пространстве подвержено определенной изменчивости, что затрудняет выработку количественных критериев заболоченности. Кроме того, анализ всей

СХЕМА 6

Методы аналитической диагностики степени заболоченности минеральных почв



массы образца даже при наличии признаков гидроморфизма в виде фрагментов нередко приводит к нивелировке различий. В этом случае по своим химическим свойствам они часто оказывались близкими к исходной почвообразующей породе. Поэтому при аналитической диагностике степени заболоченности необходим был иной подход, основанный на изучении стабильных во времени по своим химическим свойствам новообразований или диагностических горизонтов, тесно связанных с особенностями гидрологического режима почв.

Общее представление о разработанной нами системе аналитических тестов, позволяющих диагностировать степень заболоченности минеральных почв, можно получить при рассмотрении схемы 6.

7.2. МЕТОДЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ДИАГНОСТИКИ СТЕПЕНИ ЗАБОЛОЧЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВ

Количественные методы диагностики основаны на оценке закономерностей изменения химических свойств твердой фазы почв под влиянием глееобразования. Как следует из изложенного (см. главу 2), наиболее яркая особенность этого процесса — обезжелезнение мелкозема (или плазмы мелкозема) и несбалансированный вынос этого элемента. Процесс затрагивает в основном несиликатные соединения железа. Мигрируя с током влаги в двухвалентной форме, железо в зоне аэрации выпадает в осадок в виде трехвалентного оксида. В зависимости от конкретных условий оно остается в аморфном состоянии или подвергается сегрегации. Еще более активным мигрантом в анаэробных условиях является марганец. В карбонатных почвах на фоне слабощелочной среды миграция марганца и железа заторможена и характер признаков гидроморфизма часто не адекватен продолжительности избыточного увлажнения. Однако в этом случае диагностика степени заболоченности может строиться на других критериях, в частности на анализе органического вещества почв и других параметров.

Количественные методы диагностики кислых или нейтральных почв с элювиально-иллювиальной дифференциацией профиля предусматривают изучение химического состава специфических для гидроморфных почв стабильных по составу новообразований — кутан и ортштейнов, а в карбонатных почвах исследование химического состава диагностических горизонтов.

Диагностика по составу кутан и ортштейнов была разработана для почв с элювиально-иллювиальной дифференциацией профиля суглинистого и глинистого гранулометрического состава, а также для легких почв на маломощных двучленных отложениях.

В дополнение к ранее рассмотренным данным здесь изложены новые сведения, относящиеся к дерново-подзолистым и серым лесным неоглееным и оглееным почвам, образованным на основных почвообразующих породах Нечерноземья. Они позволяют полнее оценить разрешающие возможности количественной диагностики, основанные на анализе этих специфических новообразований.

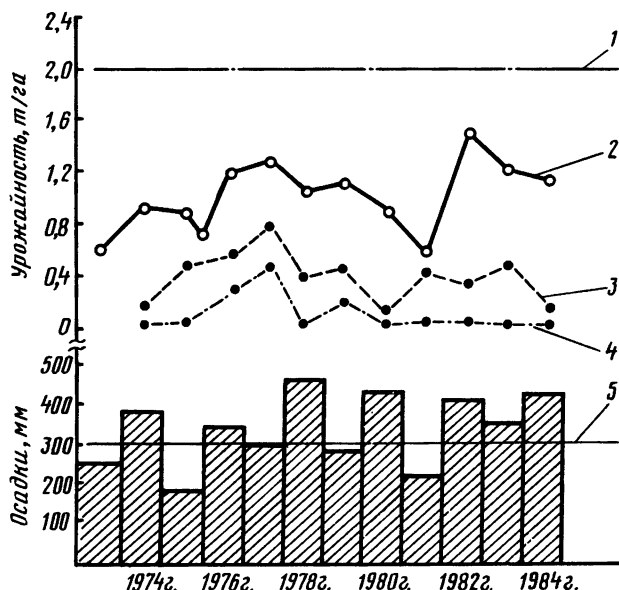


Рис. 6.3. Урожайность зерновых культур в Кировской области:

1 – проектная на осушенных почвах; 2 – средняя по хозяйствам на незаболоченных и заболоченных почвах; 3 – на недренированных дерново-глебоватых; 4 – на дерново-глебоватых почвах; 5 – средняя многолетняя сумма осадков за теплый период (май – сентябрь)

устройство могут окупиться на глееватых и глеевых почвах соответственно через 9 и 5 лет.

Таким образом, для того чтобы не ошибиться при оценке экономической эффективности дренажа, дополнительный объем продукции, получаемой в результате осушения, необходимо рассчитывать как разность между проектной урожайностью и той реальной, которую получают на конкретных почвах разной степени заболоченности. Иной подход к расчету окупаемости приведет к ошибочным и, как правило, заведомо завышенным срокам окупаемости дренажа.

В заключении раздела, посвященного экономической эффективности осушения, необходимо подчеркнуть и еще одно важное, но не вполне понятое и признанное обстоятельство. В отличие от орошения дренаж в принципе не может существенно повысить плодородие осушаемых заболоченных почв по сравнению с незаболоченными. Это особенно справедливо в отношении двух наиболее распространенных в Нечерноземной зоне типов почв: подзолистого и болотно-подзолистого различного гранулометрического состава. Следует подчеркнуть, что после укладки дренажа эти почвы могут не повысить, а, напротив, существенно снизить свое потенциальное плодородие по сравнению с

автоморфными в результате уменьшения мощности гумусового горизонта или его разбавления породой в процессе выполнения дренажных, планировочных, культуртехнических и других работ. Поэтому ситуация, когда продуктивность осушенных оглеенных, преимущественно суглинистых и глинистых болотно-подзолистых почв будет близка или равна продуктивности автоморфных почв, является вполне закономерной. Это обстоятельство следует рассматривать как основополагающее при экономических расчетах окупаемости осушения.

7. ОПЫТ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ДИАГНОСТИКИ СТЕПЕНИ ЗАБОЛОЧЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВ

7.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Выше было показано, что рациональное проектирование мелиоративных мероприятий и целесообразное народнохозяйственное использование минеральных почв разной степени заболоченности возможно только на основе их эколого-гидрологической оценки. Очевидно, надо знать водный режим почв, на изменение которого направлены мелиоративные мероприятия, и представлять реальные экологические условия, в которых развиваются и формируют урожай сельскохозяйственные растения.

Поэтому разработка классификации минеральных автоморфных и гидроморфных почв на основе эколого-гидрологического подхода предусматривает решение двух взаимообусловленных задач. Первая заключается в дифференциации почвенного континуума (в рассматриваемом случае — непрерывного ряда почв с нарастающими признаками гидроморфизма) на *виды*, значимо отличающиеся в прикладном отношении по особенностям водного режима и агроэкологическими условиями. После того как такие виды установлены, особое значение приобретает разработка их диагностики.

Следует подчеркнуть два аспекта этой второй задачи: морфогенетический и аналитический. Первый реализуется путем выявления стабильных морфологических, легко фиксируемых в поле индивидуальных признаков гидроморфизма, свойственных каждому виду (см. главу 3). Система морфогенетической диагностики позволяет опознавать такие почвы в полевых условиях, определять и картировать ареалы их распространения. Эта система должна быть дополнена системой аналитических тестов, которые позволяют в целом сделать ее количественной и более объективной, придать работе инструментальный характер.

До недавнего времени методы количественного определения степени гидроморфизма почв оставались практически неразработанными, а диагностика степени заболоченности минеральных почв применительно к отдельным видам отсутствовала вообще. Это объяснялось в основном тем, что при попытках выявить количественные критерии гидроморфизма обычно анализировали всю массу почвенного образца в це-

7.2.1. Кутаны и их диагностическое значение

Кутаны — натечные глинистые новообразования на поверхности структурных элементов *иллювиальных* горизонтов почвенного профиля. Они формируются в почвах суглинистого и глинистого гранулометрического состава и являются следствием процесса лессиважа. Кутаны выстилают стенки пор и трещины. Их мощность, цвет и состав определяются интенсивностью глееобразования. Под влиянием оглеения кутаны утрачивают теплую окраску (бурую, красноватую, розоватую) и приобретают фиолетовые, сизые, серые и другие оттенки холодной гаммы спектра, характеризуются потерей из них мелкозема и особенно из его плазмы несиликатного железа. Анализ химического состава кутан представляет особый интерес, поскольку в суглинистых и глинистых подзолистых почвах по крупным трещинам и порам, выстланным натечными глинистыми новообразованиями, осуществляются миграция гравитационной влаги и современное почвообразование. Кутаны обогащены органическим веществом, и его содержание здесь приближается к содержанию в аккумулятивных поверхностных гумусовых горизонтах. Поэтому именно эти элементы почвенного профиля могут подвергаться наиболее быстрому оглеению при застое воды в трещинах.

Выше было показано, что оглеение — это прежде всего насбалансированный вынос железа из мелкозема почвы или из ее плазмы. Поэтому можно ожидать, что под влиянием оглеения происходит прежде всего активный вынос несиликатного железа из плазмы (илистой фракции) мелкозема, которая почти наполовину образована оксидами железа. Полученные данные показывают (Зайдельман, Санжаров, Полонская, 1982), что при оглеении кутан из ее илистой фракции адекватно степени оглеения происходит вынос преимущественно несиликатного железа (табл. 39).

Поскольку оглеение проявляется в интенсивном выносе несиликатного железа, введем понятие *степень оглеения* почв. Под степенью оглеения понимается относительный вынос несиликатного железа из плазмы мелкозема (относительный, т. е. вынос по отношению к его содержанию в иле породы). Степень оглеения можно рассчитать по формуле, %,

$$\frac{[\text{Fe}_d] \text{ ила породы} - [\text{Fe}_d] \text{ ила исследуемого горизонта}}{[\text{Fe}_d] \text{ ила породы}} \cdot 100,$$

где $[\text{Fe}_d]$ — несиликатное железо, извлекаемое дитионитовой вытяжкой Мера и Джексона.

В суглинистых и глинистых почвах с элювиально-иллювиальной дифференциацией профиля несиликатное железо наиболее активному выносу подвергается в тех зонах (горизонтах), где происходит периодический застой влаги. В профиле рассматриваемых почв такие зоны приурочены, во-первых, к пахотному горизонту и, во-вторых, к крупным трещинам, линиям тока и застоя гравитационной влаги.

39. Изменение содержания Fe_2O_3 в илстой фракции кутан дерново-подзолистых неоглеенных и оглеенных почв на ленточных глинах (мелиоративный почвенно-гидрологический стационар "Витка", Новгородская область)

Морфологическое проявление оглеения, разрез	Глубина, см	Fe_2O_3			
		общее	силикатное	гидроокисное	
				% на прокаленную навеску	% валового состава
Неоглеенная, 101	40...50	10,29	6,43	3,86	37,5
	60...70	9,54	5,71	3,83	40,1
	80...90	10,02	6,09	3,93	39,2
Слабооглеенная, 102	40...50	8,45	6,00	3,10	33,7
	60...70	9,20	6,10	3,10	33,7
	80...90	9,02	5,17	3,85	42,7
Глееватая, 103	40...50	6,94	5,84	1,10	15,8
	60...70	7,11	5,97	1,14	16,0
	80...90	6,77	5,66	1,11	16,4
Глеевая, 104	40...50	6,64	5,68	0,96	14,4
	60...70	6,57	5,68	0,89	13,5
	80...90	5,95	5,15	0,80	12,4

Предпринятые исследования показали, что кутаны, покрывающие поверхность трещин, в максимальной степени подвергаются обезжелезнению и изменения содержания гидроокисного железа в илстой фракции отражают степень оглеения почв. На основе этого принципа (табл. 40) можно четко дифференцировать неоглеенные (и слабооглеенные).

40. Степень оглеения почв Нечерноземной зоны по обезжелезнению илстой фракции кутан на почвообразующих породах разного генезиса, %

Морфологическое проявление оглеения в профиле почв	Горизонт	Дерново-подзолистые почвы на		Серые лесные почвы на кислых покровных лессовидных тяжелых суглинках
		кислых покровных лессовидных тяжелых суглинках — легкой глине	слабокислых или нейтральных ленточных глинах	
Неоглеенные	B1	19	0	0
	B2	49	0	0
Глубокооглеенные (слабоглееватые)	B1 _{g'}	61	16	3
	B2 _{g'}	81	0	10
Глееватые	B1 _{mr, g''}	87	70	17
	B2 _{mr, g''}	87	70	15
Глеевые	B1 _{mr, g'''}	87	74	24
	B2 _{g'''}	87	78	22

почвы от почв, находящихся в условиях интенсивного глееобразования. Следует подчеркнуть, что метод диагностики степени оглеения по обезжелезнению кутан не является абсолютным. Он должен быть строго привязан к генезису почв и почвообразующих пород и их гранулометрическому составу.

Другим индикатором на оглеение является интенсивность обезжелезнения плазмы пахотного горизонта. Этот тест представляется весьма информативным потому, что в тяжелых почвах Нечерноземья закономерны периоды длительного застоя влаги в верхнем слое, обогащенном органическим веществом. Чем продолжительнее застой, тем интенсивней вынос несиликатного железа из плазмы горизонта A_p (табл. 41).

41. Степень оглеения пахотного горизонта дерново-подзолистых неоглеенных и оглеенных почв на тяжелых породах разного генезиса, %*

Морфологическое проявление оглеения в профиле почв	Дерново-подзолистые почвы на	
	кислых лессовидных тяжелых суглинках и глинах	слабокислых или нейтральных ленточных глинах
Неоглеенные	4	23
Глубокооглеенные (или слабооглеенные)	19	40
Глееватые	51	47
Глеевые	77	59

* Относительное обезжелезнение илистой фракции горизонта A_p по сравнению с илом почвообразующей породы.

В мелиоративном и генетическом отношении существенно то, что чем ниже K_f и тяжелее гранулометрический состав, тем выше степень оглеения поверхностных горизонтов, тем интенсивнее обезжелезнение плазмы мелкозема поверхностных горизонтов. Эти данные свидетельствуют также и о том, что оглеение на начальных этапах проходит как бы скрытую фазу. Вынос несиликатного железа из плазмы мелкозема происходит, его абсолютные значения превышают 20 %, но профиль почвы и его пахотный горизонт могут быть свободны от характерных морфологических признаков глееобразования. Наконец, еще один заслуживающий внимания в генетическом отношении вывод. Для всех рассмотренных дерново-подзолистых почв аналитически показано активное участие оглеения в формировании их профиля даже тогда, когда морфологические признаки этого процесса не выражены.

В заключение рассмотрения диагностического значения илистой фракции кутан (или плазмы пахотного горизонта) необходимо подчеркнуть, что их анализ является достаточно сложным. Сложность заключается прежде всего в тех затруднениях, которые возникают при выделении кутан из иллювиальных горизонтов, а затем и ила из самих кутан. Поэтому этот метод целесообразно использовать в процессе

исследовательских работ. На стадии изысканий необходимы иные, более простые, дешевые и надежные методы.

При количественной диагностике степени заболоченности особое внимание привлекают свойства ортштейнов — конкреционных новообразований элювиальной толщи почв гумидных ландшафтов.

7.2.2. Ортштейны и их диагностическое значение

Ортштейны — округлые новообразования, сцементированные оксидами железа, марганца, алюминия и органическим веществом (диаметром до 10...15 мм). Наиболее часто встречаются в профиле кислых или нейтральных почв с элювиально-иллювиальной дифференциацией профиля. Это весьма перспективные в диагностическом отношении морфологические элементы почв. Их цвет, физические и химические свойства несут сведения об особенностях режима почв и их экологических свойствах. Важно раскрыть эту связь.

Попытаемся решить эту задачу, используя в качестве примера данные, полученные для условий Приильменской низменности.

7.2.2.1. Ортштейны почв на тяжелых ленточных глинах и их диагностическое значение

Рассмотрим основные закономерности изменения химического состава ортштейнов под влиянием глееобразования, используя полученные нами данные (Зайдельман, Санжаров, Полонская, 1982) для дерново-подзолистых неоглеенных и оглеенных глинистых почв на ленточных глинах в Новгородской области.

Объектом исследования послужили почвы мелиоративного почвенно-гидрологического стационара "Витка", приуроченные к плоской катене высокой надпойменной террасы р. Волхов. Исследованный ряд почв образован дерново-подзолистой неоглеенной ($A_p - A2B - B1_t - B2 - B3 - C$, разрез 101), слабооглеенной ($A_{p,fs} - A2B_{g'} - B1_{g'} - B2 - BC - C$, разрез 102), глееватой ($A_{p,fs,g'} - A2B_{fs,g''} - B1_{mr,g''} - B2_{mr,g''} - B3_{mr,g''} - BC_{g'}$, разрез 103) и глеевой ($A_{p,g''} - A2B_{g''} - B1_{mr,g'''} - B2_{mr,g'''} - B3_{mr,g'''} - C_{mr}$, разрез 104) почвами. С нарастанием степени заболоченности закономерно изменяются признаки гидроморфизма. В неоглеенной почве эти признаки выражены довольно слабо. В горизонте A_p относительно редко встречаются ортштейны, в горизонтах $B2$ и $B3$ — мелкие марганцовистые примазки. В слабооглеенной — существенно увеличивается мощность элювиальных горизонтов, возрастает количество ортштейнов, появляются пятна гидроокиси железа, с глубины 50...60 см — обилие марганцовистых примазок. В отличие от почв на других суглинистых и глинистых породах сизые пятна оглеения первоначально появляются не в глубоких слоях почвенного профиля преимущественно по трещинам, а одновременно в элювиальной и иллювиальной толщах. В горизонтах $A_{p,fs,g'}$ и $A2B_{fs,g''}$ глееватой почвы — обилие мелких ортштейнов, много охристых пятен по вертикальным трещинам. Весь профиль глеевой почвы имеет харак-

терную сизо-охристую окраску (мраморовидную), ортштейны почти отсутствуют. Глееватые и глеевые почвы отличаются повышенной трещиноватостью в сухой период.

В исследованном ряду почв наблюдается определенное изменение морфологических свойств ортштейнов в почвах разной степени оглеения. В горизонте A_p неоглеенной почвы много буровато-серых плотных компактных округлых ортштейнов. С усилением степени оглеения ортштейна становятся более рыхлыми и неровными. Для глееватой почвы характерны черовные ортштейны с ярко выраженной бурой окраской. Глеевая почва содержит очень рыхлые, в основном черные ортштейны, неоднородные на изломе, с прожилками ржаво-охристого цвета. В рассматриваемых почвах выявлено закономерное изменение интенсивности ортштейнообразования (табл. 42). С нарастанием

42. Содержание ортштейнов в горизонте $A_{пах}$ (0...10 см) дерново-подзолистых неоглеенных и оглеенных почв на ленточной глине, % общей массы (новгородский мелиоративный почвенно-гидрологический стационар "Витка")

Общее содержание ортштейнов	Размер фракций, мм			
	0,5...1	1...2	2...3	> 3
<i>Неоглеенная, разрез 1</i>				
7,55	21,2	48,4	21,3	9,1
<i>Слабооглеенная, разрез 2</i>				
10,44	17,9	45,7	22,2	14,2
<i>Глееватая, разрез 3</i>				
13,86	8,2	28,6	30,8	32,4
<i>Глеевая, разрез 4</i>				
0,85	28,5	52,1	19,4	—

оглеения в ряду почв неоглеенная — глееватая содержание ортштейнов в горизонте A_p прогрессивно увеличивается и составляет соответственно 75,5, 104,4, 138,6 г/кг почвы. В глеевой почве их содержание резко уменьшается (8,5 г/кг). Это объясняется преобладанием здесь периодов длительного избыточного увлажнения, во время которых агрегация железа ограничена. Фракционный состав ортштейна обнаруживает связь между их размерами и степенью гидроморфизма: от неоглеенной до глееватой увеличивается содержание фракций 2...3 и > 3 мм; в глеевой почве ортштейны не превышают 3 мм.

Заболачивание почв сопровождается увеличением в составе ортштейнов гумуса и уменьшением марганца (табл. 43). Накопление алюминия отмечается только в глеевой почве. Содержание железа возрастает в ряду неоглеенная — глееватая почвы, в ортштейнах глеевой почвы содержание железа несколько уменьшается. Необходимо отметить, что приведенные данные по свойствам конкреций характеризуют экстремальные варианты почв. Диапазон изменчивости этих свойств

43. Валовой химический состав оршителей неоглеенных и оглеенных дерново-подзолистых почв на ленточных глинах, % на прокаленную почву (мелиоративный почвенно-гидрологический стационар "Витка")

Горизонт, глубина, см	Гумус по Тюрину, %	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO	TiO	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Fe/Mn
<i>Неоглеенная, разрез 1</i>										
<i>A</i> _{пах} , 0...10	1,4	62,32	19,10	11,91	0,68	0,74	0,79	0,77	0,53	25,4
<i>Слабооглеенная, разрез 2</i>										
<i>A</i> _{пах} , 0...10	1,6	57,58	20,49	13,01	0,70	0,86	0,74	0,78	0,53	26,5
<i>A2B</i> , 21...25	1,2	59,21	19,55	13,88	0,49	0,90	0,71	0,82	0,22	36,1
<i>Глееватая, разрез 3</i>										
<i>A</i> _{пах} , 0...10	2,1	58,10	24,73	11,48	0,33	0,71	0,86	0,74	0,19	67,7
<i>A2B</i> , 20...25	1,8	62,11	21,18	11,52	0,35	0,72	0,86	0,78	0,14	54,7
<i>Глеевая, разрез 4</i>										
<i>A</i> _{пах} , 0...10	9,2	61,34	16,02	16,71	0,18	0,94	0,88	0,68	0,28	80,4

расположен между признаками избыточного увлажнения, свойственными данной почве в ее крайнем варианте и предшествующей почве с меньшей степенью гидроморфизма. Абсолютное содержание железа не дает возможности оценить степень оглеения почв. Более четким критерием может быть отношение Fe/Mn , которое закономерно увеличивается от неоглеенных почв к глеевым с 25 до 80.

Однако с практической точки зрения удобнее изучать не валовые, а кислотно-растворимые формы железа и марганца. Абсолютное значение отношения Fe/Mn , извлекаемых $1n\ H_2SO_4$ из оршштейнов, получило название коэффициента заболоченности K_3 . Этот показатель не зависит от погодных условий и остается весьма стабильным при незначительном изменении механического состава.

44. Статистические параметры, характеризующие коэффициент заболоченности дерново-подзолистых неоглеенных и оглеенных почв на ленточных глинах (оршштейны из слоя 0...10 см) (новгородский мелиоративный почвенно-гидрологический стационар "Витка")

Объем выборки n	Среднее M	Стандартное отклонение σ	Ошибка среднего m	Доверительные границы
<i>Неоглеенная, разрез 1</i>				
20	24,2	2,84	0,63	$24,2 \pm 1,3$
<i>Слабооглеенная, разрез 2</i>				
20	25,3	2,72	0,61	$25,3 \pm 1,3$
<i>Глееватая, разрез 3</i>				
20	131,6	17,75	3,97	$131,6 \pm 8,3$
<i>Глеевая, разрез 4</i>				
20	261,4	41,63	9,31	$261,4 \pm 19,4$

Результаты статистической обработки (табл. 44) позволяют по значению коэффициента заболоченности разделить исследуемый ряд почв на три группы. В первую группу включены почвы с K_3 (Fe/Mn) < 30 . Сюда относятся неоглеенная и слабооглеенная почвы. Вторую группу с $K_3 = 30...140$ составляют глееватые почвы. Третья группа объединяет глеевые почвы с $K_3 > 140$.

Морфологические особенности, свойственные почвам первой группы, позволяют легко разделить их на неоглеенную и слабооглеенную по наличию или отсутствию цветковых признаков оглеения. Близкие значения коэффициентов заболоченности этих почв, по-видимому, указывают на сходный характер их водного режима в поверхностных слоях профиля.

Полученные данные подтверждают универсальность ранее предложенного подхода (Зайдельман, 1974) к количественной оценке степени гидроморфизма суглинистых и глинистых почв подзолистого типа, основанного на химическом анализе их новообразований — кутан и оршштейнов.

Следует подчеркнуть, что определение K_3 выполняется на образцах ортштейнов, содержащихся в поверхностном слое 0...10 см, т. е. в этом случае не требуется устройства глубоких выработок, а методика экстракции подвижных форм железа и марганца 1 н H_2SO_4 достаточно проста. Она может быть применена в любых лабораториях и не требует специального сложного оборудования.

7.3. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ДИАГНОСТИКА СТЕПЕНИ ЗАБОЛОЧЕННОСТИ ПО СВОЙСТВАМ ОРТШТЕЙНОВ ПОЧВ С ЕСТЕСТВЕННЫМ ВОДНЫМ РЕЖИМОМ И ПОСЛЕ ДРЕНАЖА

Полученные данные для различных групп почв подзолистого и болотно-подзолистого типов суглинистого и глинистого гранулометрического состава показали целесообразность количественной диагностики их степени заболоченности по химическому составу ортштейнов. В этих типичных для почв с элювиально-иллювиальным профилем конкреционных новообразований содержание металлов с переменной валентностью находится в тесной связи со степенью их заболоченности. В практическом отношении наиболее целесообразным критерием для количественной диагностики оказался коэффициент заболоченности, рассчитываемый по соотношению содержания железа к марганцу, извлекаемых из ортштейнов однонормальной сернокислой вытяжкой. Более поздними наблюдениями было показано, что этот метод дает вполне удовлетворительные результаты не только для почв подзолистого и болотно-подзолистого типов, но и для серых лесных и серых лесных оглеенных (Зайдельман, Рыдкин, Земскова, 1987). В этой связи необходимо подчеркнуть следующее обстоятельство. Метод количественной оценки степени заболоченности почв по химическому составу ортштейнов, как и другие количественные методы, не следует, естественно, рассматривать как абсолютные. Они являются важным элементом диагностики почв и дают наиболее точную информацию в сочетании с тщательным морфогенетическим изучением почвенного профиля в полевых условиях. Общую информацию о накопленных в настоящее время данных, раскрывающих диагностическое значение химического состава ортштейнов почв Нечерноземной зоны, можно получить из таблицы 45.

45. Коэффициенты заболоченности ($K - Fe/Mn$) по свойствам поверхностных горизонтов почв с элювиально-иллювиальной дифференциацией профиля на основных почвообразующих породах Нечерноземной зоны. Южная тайга и зона широколиственных лесов

Почвообразующая порода	Почва (степень заболоченности)	Коэффициент заболоченности	Авторы
------------------------	--------------------------------	----------------------------	--------

Дерново-подзолистые и болотно-подзолистые почвы

Маломощный двучлен.	Неоглеенная	< 12,0	Зайдельман, Никифорова, Санжаров, 1979
Флювиогляциальная супесь мощностью до 50 см на суглинистой карбонатной морене	Слабоглееватая	< 12,0	
	Глееватая	> 12,0	
	Глеевая	> 12,0	

Почвообразующая порода	Почва (степень забо- лоченности)	Коэффициент за- болоченности	Авторы
Легкий средний покров- ный лессовидный бес- карбонатный суглинок	Неоглеенная	< 3,0	Зайдельман, Бо- латбекова, Оглез- нев, 1971
	Глубокооглеенная	3...7	
	Слабоглееватая	7...10	
	Глееватая	10...25	
Тяжелый покровный лессовидный бескарбо- натный суглинок – лег- кая глина	Глеевая	> 25	Зайдельман, Ог- лезнев, 1971
	Неоглеенная	< 3,0	
	Глубокооглеенная	3...7	
	Глееватая	7...30	
Тяжелая лимногляци- альная (ленточная) гли- на	Глеевая	> 30	Зайдельман, Сан- жаров, Полон- ская, 1982 г.
	Неоглеенная	< 30	
	Слабоглееватая	< 30	
	Глееватая	30...140	
	Глеевая	> 140	

Лесные светло-серые и светло-серые оглеенные

Тяжелый покровный лессовидный бескарбо- натный суглинок	Автоморфная	Орштштейны от- сутствуют или единичны	Зайдельман, Рыдкин, Земско- ва, 1987 г.
	Оподзоленная	< 7	
	Слабоглееватая	7...14	
	Глееватая	14...26	
	Глеевая	> 26	

Исследования на старых дренажных системах ГДР (Menning, Zaidelmann, 1982) показали, что в результате длительного интенсивного осушения почвы с исходно разной степенью заболоченности приобретают затем близкие значения K_3 . С другой стороны, вторичное заболачивание может вызывать формирование в весьма короткие сроки (за 4...5 лет) в горизонтах почвенного профиля конкреций, свойственных новым гидрологическим условиям.

Вместе с тем существует обширная группа почв, в которых орштштейны отсутствуют, и в этих случаях оказывается целесообразным использовать для их количественной диагностики другие методические решения.

7.4. ВОЗМОЖНЫЕ КРИТЕРИИ ДИАГНОСТИКИ СТЕПЕНИ ЗАБОЛОЧЕННОСТИ КАРБОНАТНЫХ ПОЧВ НА ЭЛЮВИИ ПЕРМСКИХ ПОРОД

Диагностика степени заболоченности карбонатных почв нередко оказывается достаточно сложной из-за неадекватности морфологических признаков оглеения продолжительности обводнения почв. Вместе с тем наличие карбонатов в профиле почв и постепенно усиливающийся (в пространстве) гидроморфизм создают благоприятную обстановку для значительного накопления органического вещества. Его содержание и свойства были адекватны степени заболоченности. Автором и А. Д. Старцевым были предприняты работы по поиску надежных аналитических критериев диагностики заболоченности. Работы выполняли на территории Котельнического мелиоративного почвенно-

гидрологического стационара. Нарастание степени заболоченности в этих почвах сопровождается закономерным увеличением органического вещества в аккумулятивных горизонтах дерново-карбонатной выщелоченной и сильновыщелоченной, дерново-глееватой, глеевой и перегнойно-глеевой почв; соответственно содержание гумуса (по Тюрину) 2,5; 2,9; 3,1; 7,6 и 35,2 %. Количественные тесты их диагностики были получены при оценке степени заболоченности по оптической плотности пирофосфатной вытяжки из образцов аккумулятивных горизонтов. По оптической плотности можно достоверно выделить три группы почв. В первую входят неоглеенные и дерново-глееватые почвы ($D < 0,5$), во вторую — дерново-глеевые ($D = 0,5...1,2$) и в третью — перегнойно-глеевые ($D > 1,2$).

Таким образом, по оптической плотности пирофосфатной вытяжки из пахотного горизонта можно дифференцировать рассматриваемые почвы на отдельные группы, резко отличающиеся по степени заболоченности. Более детальная количественная характеристика оказалась возможной на основе анализа различных форм железа, извлекаемых оксалатной вытяжкой Тамма (Fe_o) и дитионитовой Мера и Джексона (Fe_d). Используя эти характеристики и критерий Швертманна (Fe_o/Fe_d), для *подпахотного* горизонта было установлено, что в этом случае можно статистически достоверно разделить почвы рассматриваемого ряда на две группы: неоглеенные дерново-карбонатные ($Fe_o/Fe_d < 0,3$) и дерново-глеевые (вообще оглеенные) с критерием Швертманна ($Fe_o/Fe_d > 0,3$).

Таким образом, сочетание этих двух методов (характеристики оптической плотности и критерия Швертманна) позволяет дифференцировать весь ряд почв на составляющие виды. Следует подчеркнуть, что в последнем случае объектом аналитического исследования служит подпахотный горизонт, который в карбонатных почвах в максимальной степени подвержен глееобразованию.

Вместе с тем применение системы методов всегда создает определенные затруднения. Поэтому была предпринята попытка поиска более простого метода. Установлено, что определение содержания в аккумулятивных горизонтах аморфных железоорганических форм по методу Баскомба (Fe_p) и аморфного железа Fe_o по Тамму позволяет одновременно получить достаточно строгую информацию для каждого вида. По отношению железоорганических форм, извлекаемых пирофосфатной вытяжкой Баскомба, ко всему аморфному железу по Тамму (Fe_p/Fe_o) можно достоверно дифференцировать весь рассматриваемый ряд почв на отдельные виды разной степени заболоченности. Полученные данные показывают, что для ряда дерново-карбонатные выщелоченные, дерново-глееватые, дерново-глеевые и перегнойно-глеевые почвы статистически достоверные значения этих коэффициентов (Fe_p/Fe_o) равны соответственно $< 0,4$; $0,4...0,6$; $0,6...0,8$ и более $0,8$.

7.5. ДИАГНОСТИКА СТЕПЕНИ ЗАБОЛОЧЕННОСТИ ЛЕГКИХ ПОЧВ НА СРЕДНМОЩНЫХ ДВУЧЛЕНАХ

Легкие почвы с элювиально-иллювиальной дифференциацией профиля и залеганием водоупорных слоев на глубинах 0,6...1,2 м отличаются тем, что они не имеют натечных глинистых кутов, а конкреционные новообразования отсутствуют или легко разрушаются при выделении. В таких почвах отдельные виды, резко отличающиеся по степени заболоченности, часто близки по содержанию органического вещества. Поэтому для них необходим поиск других критериев диагностики. Актуальность этого обусловлена тем, что такие светло-бурые и дерново-подзолистые почвы на огромных пространствах Нечерноземной зоны вовлечены в сельскохозяйственное производство, используются в естественном состоянии как ценные лесные угодья и часто оказываются объектом мелиорации.

Предпринятые многолетние стационарные исследования позволили дифференцировать почвы на среднмощных отложениях (супесчано-песчаный флювиогляциальный нанос мощностью 60...120 см, подстилаемый суглинистой мореной) на виды по степени их заболоченности. Вместе с тем диагностика этой своеобразной группы почв оставалась неразработанной. Поэтому на территории Загорского мелиоративного почвенно-гидрологического стационара в Московской области были предприняты специальные исследования (Зайдельман, Никифорова, 1986) почвенного покрова единой катены, образованного светло-бурой недифференцированной неоглеевой почвой ($A_p - AB - B1 - BC1 - BC2 - C2$; разрез 81 — пашня на слабовыраженном водоразделе); светло-бурой слабоподзоленной глубокооглеевой ($A_p - AB - B1 - B2 - BC1_{fo,g'} - BC2_{g'}$; разрез 82 — пашня в верхней части склона); дерново-подзолистой слабоглеевой ($A_p - A2_{fs} - B1_{g'} - BC1_{fo,g'} - B1C2_{g'} - B2C2_{g''}$; разрез 83 — пашня на средней части склона); дерново-сильноподзолистой глеевой ($A_p - A1_{g'} - A2_{fs,g'} - BC1_{fo,g'} - BC2_{g''}$; разрез 84 — пашня на нижней части склона); супесчаных и глеевой ($A1_{g'''} - A2'_{g'''} - A2_{g''} - BC_{fo,g''} - G$; разрез 85 — залежь, основание склона); песчаной.

Все почвы образованы на мощной толще флювиогляциального песка — супеси (~1 м), подстилаемых карбонатной тяжелосуглинистой московской мореной.

С нарастанием заболоченности в профиле этих почв, во-первых, появляется и затем интенсивно увеличивается мощность подзолистого горизонта (в светло-бурых горизонтах $A2$ отсутствует, в дерново-сильноподзолистых глеевых мощность горизонта $A2$ равна 42 см). Во-вторых, в этом ряду наблюдается усиление интенсивности оглеения верхних контактных моренных горизонтов. Вначале это оглеение прослеживается по граням структурных отдельностей, а затем охватывает всю толщу контактного суглинистого слоя.

Поскольку в этих почвах нет специфических новообразований, отражающих степень их заболоченности, рассмотрим возможность применения в этом случае других методов исследования, основанных на 182

анализе диагностических горизонтов. В этом случае следует отметить ряд интересных химических особенностей рассматриваемых почв, которые могут иметь известное диагностическое значение. Так, содержание органического вещества в рассматриваемых почвах сравнительно невелико и несколько *уменьшается* с нарастанием оглеения (2,5 % в неоглеенной почве, 1,9 % в глеевой). Обращает внимание примерно одинаковое содержание органического вещества в подстиляющих моренных горизонтах — 0,4...0,5 % независимо от степени оглеения.

Своеобразно для исследуемого ряда почв изменение кислотности в связи с изменением степени гидроморфизма: в супесчано-песчаных горизонтах наблюдается подкисление от неоглеенной до глееватой почвы, а в суглинистых моренных горизонтах в том же направлении идет подщелачивание. В глеевой почве происходит выравнивание значений pH по всему профилю до нейтральных величин.

Валовой химический состав почв имеет четко выраженную двучленность по содержанию кремнекислоты и полуторных окислов. Наиболее элювированными оказались контактные, легкие по механическому составу горизонты — в них содержится максимальное количество SiO_2 и минимальное Fe_2O_3 и Al_2O_3 . С нарастанием степени заболоченности можно отметить некоторое увеличение содержания железа в контактных надморенных горизонтах (с 0,8 % в неоглеенной до 1,3 % в глееватой и глеевой почвах). Подзолистые горизонты обедняются железом адекватно степени оглеения (1,95 в горизонте A2 слабоглееватой, 1,73 — глееватой и 1,65 — глеевой почв); содержание Al_2O_3 в контактных песчаных горизонтах также несколько увеличивается с нарастанием заболоченности, в подзолистых горизонтах содержание этого оксида примерно одинаково.

Суглинистые моренные горизонты всех исследуемых почв независимо от степени оглеения близки по валовому составу. По молекулярным отношениям закономерные отличия не наблюдаются. Лишь по отношению $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ в контактных надморенных горизонтах исследуемый ряд почв можно разделить на две группы. Первую образуют неоглеенная, глубокооглеенная и слабоглееватая почвы с соотношением 273...296. Вторая группа представлена глееватой и глеевой почвами с отношением $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3 \sim 200$.

Следует признать, что в условиях интенсивного земледелия кислотность почв — характеристика весьма непостоянная, а их валовой состав неинформативен и трудоемок. Поэтому была предпринята попытка выявить диагностические критерии, основанные на определении несиликатного железа вытяжками Мера — Джексона, Тамма, Баскомба и выделения следующих форм железа: 1) силикатное = Fe (валовое) — Fe_d (по Мериу — Джексону); 2) несиликатное = Fe_d ; 3) суммарное "окристаллизованное" = $\text{Fe}_d - \text{Fe}_o$ (оксалатное по Тамму); в том числе: а) "сильноокристаллизованное" = $\text{Fe}_d - \text{Fe}_{\Sigma \text{Баск}}$ (суммарное по Баскомбу), б) "слабоокристаллизованное" = $\text{Fe}_{\Sigma \text{Баск}} - \text{Fe}_o$; 4) аморфное общее = Fe_o ; в том числе: а) железо, связанное с органическим веществом Fe_{ext} , б) железо, не связанное с органическим ве-

ществом $Fe_o - Fe_{ext}$. Рассмотрим данные о содержании различных "форм" железа, имеющих существенное диагностическое значение.

Верхние горизонты (A_p , $AB/A2$) неоглеенной, глубокооглеенной, слабоглееватой и глееватой почв содержат примерно одинаковое количество железа, извлекаемого вытяжкой Мера — Джексона (0,4...0,6 %); в глеевой почве — 0,2...0,3 %. Контактные песчаные горизонты всего ряда почв предельно обеднены несиликатным железом (0,20...0,17 %). В подстилающей морене с нарастанием степени гидроморфизма можно проследить некоторое уменьшение содержания этого Fe от 1,17 % в неоглеенной (1,29 % в породе) до 0,91...0,95 % в глубокооглеенной, слабоглееватой и глееватой и 0,81 % в глеевой почвах.

Х. П. Блюме и У. Швертманн (1969) отмечают важное диагностическое значение отношения $Fe_o/ил$ и его различное распределение по профилю почв с хорошим и затрудненным дренажем. Н. Н. Матинян с соавторами (1980) также используют это отношение для диагностики временно переувлажненных почв. Однако в нашем ряду почв каких-либо закономерных изменений этого отношения по профилю обнаружено не было.

По содержанию общего аморфного железа Fe_o наблюдается следующее. Во всех изученных почвах минимальное содержание Fe_o приурочено к контактным супесчаным горизонтам (0,05...0,07 % массы почвы; в процентах валового содержания железа можно отметить уменьшение в глееватой и глеевой почвах до 6...7). В подстилающих моренных горизонтах с нарастанием оглеения абсолютное содержание аморфного железа увеличивается: в неоглеенной, глубокооглеенной и слабоглееватой — 0,23...0,24 % (0,28 % в породе); в глееватой — 0,38; в глеевой — 0,48 % на прокаленную почву.

Т. А. Романовой с соавторами (1981) в качестве диагностического критерия степени увлажнения почв независимо от генезиса и гранулометрического состава почвообразующей породы предложено отношение $Fe_o/ил$ и его относительное распределение (за 1 принято $Fe_o/ил$ в горизонте A_p или $A1$) по почвенному профилю. Наши попытки использовать этот критерий для оценки почв на мелком и среднемощном двучлене не показали его связи со степенью почвенного гидроморфизма.

Еще один из диагностических критериев гидроморфных почв — отношение Fe_o/Fe_d , предложенное Швертманном. Рассмотрим показатели этого отношения для почв на двучленных отложениях.

В почвах на *среднемощных двучленах* по значениям критерия Швертманна (Fe_o/Fe_d) в суглинистых моренных горизонтах исследованные почвы можно четко дифференцировать по степени гидроморфизма. Это соотношение меняется следующим образом: 0,20 в неоглеенной, 0,24 в глубокооглеенной, 0,26 в слабоглееватой, 0,40 в глееватой и 0,59 в глеевой почвах (рис. 7.1). Обращает внимание также высокое значение этого показателя в подзолистом горизонте глеевой почвы — 0,73.

По содержанию суммарного "окристаллизованного" железа ($Fe_d - Fe_o$) можно отметить следующее. Минимальное количество окристаллизованного железа приходится на подзолистый горизонт глеевой почвы

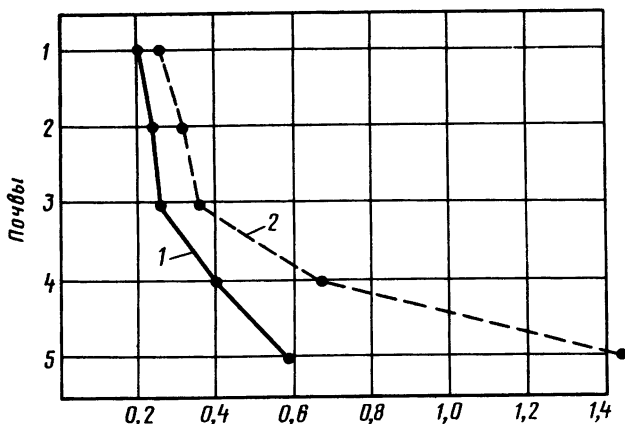


Рис. 7.1. Изменение значений критерия Швертманна FeO/Fe_d (1) и его модификации (2) $FeO/(Fe_d - Fe_o)$ в контактных моренных горизонтах почв на среднемощном двучлене с усилением степени гидроморфизма. Почвы:

1 — светло-бурая неоглеенная; 2 — светло-бурая глубокооглеенная; 3 — дерново-подзолистая слабоглеевая; 4 — то же, глеевая; 5 — то же, глеевая

(0,04 %); контактные песчаные горизонты всего ряда почв содержат примерно одинаковое количество (0,11...0,14 %), в *контактных суглинистых горизонтах* прослеживается закономерное уменьшение окристаллизованных форм железа с усилением степени заболоченности: 0,93 в неоглеенной почве; 0,72 в глубокооглеенной; 0,67 в слабоглеевой; 0,33 в глеевой почве. Соответственно меняется отношение $Fe_o/(Fe_d - Fe_o)$, причем различия этого отношения оказываются более отчетливыми по сравнению с отношением Fe_o/Fe_d .

Абсолютные значения содержания "форм" железа, извлекаемых и рассчитываемых при помощи вытяжки Баскомба, незначительны. По содержанию сильноокристаллизованного железа в *контактных суглинистых горизонтах* ряд исследованных почв можно разделить на две группы: 1 — неоглеенная и глубокооглеенная почвы (> 50 % от несиликатного Fe); 2 — слабоглеевая, глеевая и глеевая (~ 20 % от несиликатного Fe). В легких контактных горизонтах всех почв очень невелико содержание сильноокристаллизованного железа, в глеевой почве оно практически отсутствует. Л. А. Карманова (1978) отмечает, что сочетание очень высокого содержания аморфного железа, не связанного с органическим веществом, и очень низкого содержания сильноокристаллизованного железа — характерный диагностический признак гидроморфных почв. В ряду исследованных нами почв лишь в моренных горизонтах можно проследить увеличение содержания аморфного железа, не связанного с органическим веществом: в неоглеенной, глубокооглеенной и слабоглеевой почвах 20 % от несиликатного; в глеевой — 35 и в глеевой — 50 %.

Таким образом, из всех рассмотренных особенностей содержания и распределения различных форм железа по профилям изученных почв наиболее перспективными для диагностики степени гидроморфизма почв на среднемощных двучленных отложениях, по-видимому, могут оказаться критерий Швертманна (Fe_o/Fe_d) и предложенная модификация этого критерия $Fe_o/(Fe_d - Fe_o)$.

7.6. ДИАГНОСТИКА СТЕПЕНИ ЗАБОЛОЧЕННОСТИ ЛЕГКИХ (ОРТЗАНДОВЫХ) ПОЧВ НА ОЖЕЛЕЗНЕННЫХ ГРУНТОВЫХ ВОДАХ

В диагностическом отношении интересна группа светло-бурых и дерново-подзолистых почв, увлажняемых или заболоченными ожелезненными грунтовыми водами. В их профиле формируется ортзанд-своеобразный ржаво-охристый горизонт, сцементированный оксидами железа.

В 1922 г. В. В. Геммерлинг дал достаточно строгое определение термина ортзанд, ранее введенного в литературу Т. Зенфтом (1862). Это определение оказалось особенно продуктивным потому, что позволило дифференцировать ортзандовые горизонты от других железистых новообразований, в частности от ортштейнов. Ортзанды — железистые образования песчаных почв, встречающиеся в виде плотных прослоев. Под ортзандом, таким образом, понимается плотный песчаный горизонт, сцементированный гидроокисью железа.

Ряд авторов полагают, что возникновение ортзанда является следствием подзолообразования и эти своеобразные горизонты имеют иллювиальное происхождение. Так, Е. В. Аринушкина (1939) при исследовании ортзандов подзолистых почв Мещеры пришла к выводу, что эти образования являются своеобразными горизонтами песчаных и супесчаных почв, возникающими под влиянием подзолообразовательного процесса. Этот вывод совпадает с представлениями М. М. Филатова (1922) и Ю. А. Ливеровского (1933), которые обнаружили приуроченность наиболее мощных ортзандовых горизонтов к наиболее оподзоленным почвам.

Однако, по крайней мере, три факта, легко фиксируемых при морфогенетическом изучении в натуре почв с ржаво-бурыми ортзандами, не согласуются с этой точкой зрения. Во-первых, ортзанды встречаются не только в подзолистых, но и в неоподзоленных легких почвах (например, в светло-бурых песчаных); во-вторых, они залегают как в зоне иллювиальных горизонтов, так и ниже этой зоны, но всегда непосредственно *только* на глеевом горизонте; в-третьих, положение ржаво-бурых ортзандовых горизонтов тесно связано с уровнем грунтовых вод, они тем выше к дневной поверхности, чем интенсивнее степень заболоченности почв. Факты позволяют высказать предположение, что ортзандовые горизонты ржаво-бурого цвета, имеющие горизонтальное простираие, гидрогенного, а не иллювиального происхождения.

Эту точку зрения подтверждают не только перечисленные выше признаки, но и строгая приуроченность почв с ортзандовыми горизон-

тами к зоне распространения грунтовых вод, обогащенных железом. Так, ортзанд почти повсеместно встречается в минеральных почвах Окско-Мещерского полесья, в пределах которого обычно водоносная песчаная толща залегает на юрских глинах, обогащенных сульфидами железа. Эта водоупорная толща глин является постоянным источником обогащения грунтовых вод солями закисного железа. Вместе с тем в пределах Белорусского полесья грунтовые воды обычно мигрируют по породам, не содержащим заметного количества несиликатного железа. В этом полесье рыхлая толща легких флювиогляциальных пород залегает непосредственно на известняках или на кислой и карбонатной морене. Поэтому здесь в грунтовых водах железо встречается в значительно меньших концентрациях, чем в Мещерской низменности, или отсутствует вообще.

В литературе имеются отдельные указания о возможном возникновении ортзанда под влиянием гидрогенных факторов. В результате изучения легких почв с ортзандовыми горизонтами в окрестностях Ленинграда С. В. Быстров (1936) пришел к выводу, что горизонты песчаных подзолов, сцементированные железистыми соединениями, образуются вследствие окисления закисных соединений, растворимых в грунтовых водах, притекающих со стороны.

Анализируя попытки выяснения генезиса ортзанда, необходимо признать, что как заключение о его иллювиальном происхождении, так и предположение о возникновении ортзанда под влиянием гидрогенных факторов основаны главным образом на морфогенетических представлениях. Они лишены количественного обоснования. Генезис ортзанда может быть окончательно выяснен на основе общего анализа баланса железа в профиле рассматриваемых почв. Для этого необходимо установить, с одной стороны, количество железа, вынесенного из аккумулятивно-элювиальных горизонтов, с другой — определить аккумуляцию железа в нижележащих горизонтах профиля, особенно в ортзанде.

Приведем результаты таких балансовых исследований (Зайдельман, Нарокова, 1974) на легких почвах Мещерского полесья, отличающихся разной степенью заболоченности.

Эти почвы представлены светло-бурой (разрез 41), дерново-слабо-подзолистой глубокооглеенной (разрез 42), дерново-подзолистой глееватой (разрез 43) и дерново-сильноподзолистой глеевой (разрез 44) ортзандовыми супесчаными почвами. Все исследованные почвы, отражающие единый в геохимическом отношении ряд, формируются на песчаных флювиогляциальных породах, в основании которых залегают юрские глины на трещиноватых известняках.

В заболачивании почв Мещерского мелиоративного почвенно-гидрологического стационара повсеместно принимают участие грунтовые слабожелезистые воды, содержащие 1...2 мг/л двухвалентного железа. В светло-бурой почве, приуроченной к водоразделу, собственно подзолистый горизонт не выражен, однако в нижних слоях ее профиля имеется мощный ортзанд. Вниз по склону в ряду дерново-подзолистых почв с усилением оглеения увеличивается мощность горизонта A2 (максимальная мощность — в глеевых почвах), а ортзандовый горизонт прибли-

жается к дневной поверхности. Баланс железа по профилю всех четырех почв, образующих ряд, построен на основе их послойного детального валового анализа и определения плотности скелета почв через каждые 10 см на глубину до 160...180 см.

На основе этих данных были произведены определения: 1) запаса общего железа в толще генетического горизонта в настоящее время; 2) первичного запаса общего железа в слое исходной почвообразующей породы, равном по мощности генетическому горизонту. В дальнейшем по разности (1 – 2) устанавливали вынос и аккумуляцию железа в исследуемом горизонте, а затем производили общее суммирование вынесенного и аккумулярованного железа в толще надглеевых горизонтов ($A1 - A2 - B$ и ORT).

Установлено, что вынос железа из оподзоленных и подзолистых горизонтов в количественном отношении не сопоставим с аккумуляцией этого элемента в ортзанде и вышележащих относительно слабоожеженных горизонтах даже при том условии, что все элювированное железо из горизонта $A2$ будет сосредоточено в ортзандовом горизонте. В целом аккумуляция железа в ортзанде и толще горизонтов $B - ORT$ в несколько раз превышает вынос этого элемента из элювиальных горизонтов.

Таким образом, балансовые подсчеты показывают: 1) ортзандовые горизонты возникают не только в подзолистых, но и в бурых почвах, в профиле которых вообще отсутствуют самостоятельные подзолистые горизонты; 2) независимо от генезиса аккумуляция железа в профиле ортзандовых почв имеет гидрогенный характер; 3) аккумуляция железа происходит не только в ортзандовых, плотно сцементированных горизонтах, но и над ними; 4) абсолютная концентрация железа в ортзандовом горизонте зависит от степени заболоченности почв.

На начальных этапах заболачивания (глубокооглеенная почва) складываются благоприятные условия для быстрого перехода подвижного закисного железа в окисное. Продолжительный засушливый период, свойственный этим почвам, способствует тому, что в зоне аэрации происходят активное "высаливание" и продолжительная дегидратация гидроокиси железа. При интенсивном заболачивании (глееватые и особенно глеевые почвы) резко сокращается продолжительность периода аэрации почвенного профиля и перехода закисного железа из грунтовых вод в окисные соединения в зоне ортзанда. В этом случае оказываются менее благоприятными и условия кристаллизации аморфной гидроокиси по сравнению со слабозаболоченными почвами. Так, в ряду исследованных незаболоченных, глубокооглеенных, глееватых и глеевых почв при выносе общего железа из аккумулятивно-элювиальной толщи, равном соответственно $-0,29$, $-0,57$, $-1,1$ и $-2,4$ кг/м², аккумуляция железа в ортзанде составляет соответственно $+4,8$, $+24,7$, $+8,4$ и $+3,1$ кг/м². При этом, однако, несмотря на уменьшение концентрации железа в ортзанде при усилении заболачивания, его мощность обычно возрастает, а верхняя граница поднимается к поверхности.

Поскольку в условиях прогрессирующего гидроморфизма на определенном этапе (в данном случае в ряду незаболоченные — глеевые почвы) наблюдается увеличение мощности подзолистых и ортзандовых горизонтов, создается визуальное впечатление, что с интенсивностью оподзоливания увеличивается концентрация железа в мощном ортзанде. Однако оно не соответствует количественным данным.

Все это позволяет утверждать, что ортзанды — мощные буро-охристые слои песка, сцементированные гидроокисью железа, преимущественно горизонтального простираения — имеют гидрогенное происхождение. Положение в профиле почв, морфология, сочетание мощности ортзанда и степени оподзоленности позволяют признать их важное диагностическое значение. Оно согласуется и с химическими свойствами ортзандовых горизонтов, формирующихся в почвах разной степени заболоченности (табл. 46).

46. Изменения мощности горизонтов *A2* и *ORT* и содержания железа в ортзандовых горизонтах супесчаных почв разной степени заболоченности (мецеровский мелиоративный почвенно-гидрологический стационар, Московская область)

Почва, разрез	Мощность горизонта, см			Fe, % на прокаленную навеску ортзанда		
	подзолистого		ортзандового	валовое	ил (< 0,001 мм)	
	<i>A1A2</i>	<i>A2</i>	<i>ORT</i>		общее	несиликатное Fe ₂ O ₃
Светло-бурая оподзоленная ортзандовая, 41	6	Нет	8	2,45	14,7	3,99
Дерново-слабоподзолистая ортзандовая глыбокооглеенная, 42	13	”	20	2,30	18,0	5,03
Дерново-подзолистая глееватая ортзандовая, 43	14	13	48	2,18	19,6	10,85
Дерново-сильноподзолистая ортзандовая, 44	Нет	35	67	1,39	21,2	Не определяли

Рассмотренные данные позволяют признать, что в почвах, увлажняемых или заболоченных грунтовыми водами, формируются стабильные по своим свойствам горизонты, свойства которых могут быть использованы для диагностики степени их заболоченности. В этом случае в отличие от ранее рассмотренных не были найдены абсолютные количественные критерии для такой диагностики. Тем не менее приведенные данные показывают, что ряд аналитических характеристик, имеющих полук количественный характер, можно использовать для объективной диагностики легких почв на ожелезненных грунтовых водах.

В заключение следует подчеркнуть и еще одно важное в диагностическом и генетическом отношении обстоятельство. Рассмотренные выше сведения относятся к ортзандам, возникающим в зоне близкого залегания обычно слабоожелезненных грунтовых вод. Их положение,

как показали гидрологические наблюдения (1969), определяется колебаниями уровня грунтовых вод и характеризует максимально высокое положение уровня грунтовых вод весной в конце 2...3-й декады после завершения снеготаяния.

Вместе с тем в профиле легких почв, в том числе и подзолистых, несомненно, существуют цементации *иллювиального* происхождения. Здесь следует отметить два вида таких новообразований: псевдофибры и иллювиальные темноокрашенные стяжения, возникающие в иллювиально-гумусовых горизонтах подзолов. Псевдофибры — тонкие горизонтальные или наклонные бурые полосы, связанные с миграцией почвенных растворов по профилю. Концентрация незначительного количества полуторных окислов в строго локальных зонах мощностью обычно не более 1...3 см связана, по-видимому, с местной аккумуляцией капиллярно-подвешенной влаги.

Кроме того, в профиле только подзолистых легких почв с иллювиальными гумусово-алюминиевыми горизонтами могут формироваться местные округлые цементации, которые всегда залегают непосредственно под *подзолистым горизонтом*. Наиболее полно эти иллювиальные стяжения были описаны В. Д. Тонконоговым под названием *желваки* (1970). Такие образования четко отличаются от гидрогенных ортзандовых горизонтов по химическому составу. Они могут формироваться в профиле иллювиально-гумусовых или иллювиально-железистых подзолов на фоне глубокого залегания грунтовых вод.

В отличие от гидрогенного ортзанда иллювиальные цементации (стяжения) содержат значительные количества гумуса, алюминия, марганца (табл. 47). Как правило, они относительно непрочные и строго копируют контур нижней границы подзолистого горизонта. Наконец, иллювиальные стяжения имеют специфичную темную окраску. Этих признаков достаточно для иллюстрации различного генезиса и диагностики гидрогенных ортзандов и иллювиальных стяжений.

47. Различия химического состава иллювиальных темноокрашенных стяжений из горизонта B_h алюминий-железогумусового подзола и гидрогенного ортзанда из светло-бурой и дерново-подзолистой глееватой супесчаных почв (Мещерское полестье)

Почва	Горизонт, глубина, см	Гумус, %	Валовой состав, % на прокаленную навеску			
			SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO
Подзол иллювиально-гумусовый, разрез 539, север Русской равнины (Тонконогов, 1970)	A2, 2...8	0,40	90,10	0,70	6,20	0,04
	B_h , 25...35 (желвак)	1,60	83,40	1,80	10,30	0,70
Светло-бурый ортзандовый, разрез 41, Мещера	A1A2, 6...12	1,22	91,97	1,09	3,86	0,13
	B2, 46...54	0,34	92,83	1,40	3,11	0,06
	ORT, 103...109	0,36	91,20	2,45	3,65	0,05

Почва	Горизонт, глубина, см	Гумус, %	Валовой состав, % на прокаленную навеску			
			SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO
Дерново-подзо- листая ортзандо- вая глееватая, разрез 43, Мещера	А2, 32...40	0,61	92,65	1,21	3,37	0,03
	ORT, 110... 140	0,45	90,61	2,18	3,92	0,03

В заключение необходимо подчеркнуть следующее. *Диагностика степени заболоченности* минеральных почв Нечерноземной зоны — одна из центральных проблем рационального картирования почв в мелиоративных, агрономических и лесохозяйственных целях, их экологической и экономической оценки. Не менее существенны и генетические аспекты ее эффективного решения. Можно утверждать, что ее значение в Нечерноземье столь же актуально, как и дифференциация, диагностика и классификация почв аридных, полуаридных и степных ландшафтов по степени засоления.

Сложность разработки диагностики и классификации почв по степени заболоченности заключается, однако, в том, что она, во-первых, индивидуальна для каждой мелиоративной группы почв. В каждом отдельном случае должны быть найдены специфические стабильные свойства, по которым возможна ее реализация в полевой и аналитической практике. Во-вторых, эта диагностика динамична, она может утратить свое значение при трансформации водного режима в результате осуществления тех или иных мелиоративных мероприятий, и в этом направлении потребуются дополнительный поиск.

Выше впервые изложена система методов, позволяющая количественно, с использованием инструментальных методов диагностировать минеральные почвы по степени заболоченности. Остается лишь еще раз подчеркнуть необходимость индивидуального подхода не только при использовании системы рассмотренных методов, но и особенно при отборе образцов для выполнения аналитических работ. Как следует из изложенного, эти образцы могут быть представлены кутанами из иллювиальных горизонтов или ортштейнами пахотного слоя почв на однородных суглинистых или глинистых породах с элювиально-иллювиальным профилем; верхней кровлей суглинистых или глинистых контактных слоев в почвах на среднемошных (и мощных) двучленных породах; подпахотными горизонтами почв на карбонатных пермских суглинках и глинах и другими фрагментами почвенных профилей (рис. 7.2).

При работе с системой аналитических методов диагностики степени заболоченности следует исходить из того, что эти количественные приемы применяют не взамен, а в тесном сочетании с классическими морфогенетическими методами диагностики почв. Они дополняют морфологическое исследование почвенного профиля в полевых условиях, делают

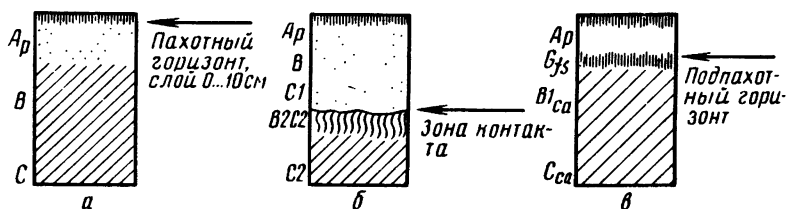


Рис. 7.2. Зоны отбора проб почв для последующей количественной диагностики степени их заболоченности на почвообразующих породах разного генезиса. Почвы:

а — суглинистые и глинистые кислые с элювиально-иллювиальным профилем; *б* — на среднемощном двучлене — легкий флювиогляциальный нанос на суглинистых и глинистых отложениях; *в* — на карбонатных пермских суглинках

его более разносторонним и вносят необходимый элемент объективной оценки. Несомненно, это направление должно получить дальнейшее развитие, поскольку еще существуют обширные ареалы малоизученных почв, для которых приемы количественной диагностики степени заболоченности остаются пока не разработанными.

8. ОКСИДНЫЕ, СОЛЕВЫЕ И САПРОПЕЛЕВЫЕ АККУМУЛЯЦИИ В ПОЧВАХ И ВОДАХ ГУМИДНЫХ ЛАНДШАФТОВ, ИХ ВЛИЯНИЕ НА ДРЕНАЖ И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ

Основные сельскохозяйственные территории гумидных ландшафтов страны свободны от избытка токсических водорастворимых солей в почвах и грунтовых водах. Пресные, ультрапресные и гидрокарбонатно-кальциевые воды с несколько повышенным содержанием кремнезема, органического вещества и железа формируют основные водотоки этого региона. Заболоченные и болотные почвы формируются здесь в условиях избыточного увлажнения, преобладания атмосферных осадков над испарением. Таким образом, мелиорация и использование почв гумидной зоны реализуются в обстановке, исключающей накопление токсических солей в горизонтах почвенного профиля. Лишь на весьма ограниченных площадях с эндемическими природными условиями встречаются ареалы почв с повышенной концентрацией водорастворимых солей. Они приурочены, как правило, к приморским территориям, где наблюдается импульверизация солевых масс и заболачивание почв засоленными подземными водами, например засоленные почвы Беломорских островов в дельте Северной Двины и побережья. К ним относятся также незначительные ареалы почв, обогащенных гипсом, в речных долинах европейского центра, где близко к дневной поверхности подходят породы мезозоя (татарского и келловейского ярусов). Такие заболоченные почвы, обогащенные гипсом, встречаются, например, в поймах рек Клязьмы, Теши, Кудьмы и др.

В отличие от аккумуляций водорастворимых солей в почвах гумидных ландшафтов часто встречаются значительные аккумуляции щелочноземельных и трехвалентных металлов, определяющие их плодородие, возможность использования, условия работы и особенности конструкции дренажа.

Важное значение принадлежит также донным отложениям зарастающих водоемов — сапропелям.

8.1. ОКСИДЫ ЖЕЛЕЗА, ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ДРЕНАЖ

Зональная особенность химического состава грунтовых вод Черноземья — их слабая ожелезненность — определяется прежде всего интенсивным развитием здесь процесса глееобразования. Выше было показано, что основным признаком этого процесса является обезжелезнение минерального субстрата. Отмытое в процессе глееобразования от мелкозема пород несиликатное железо поступает в грунтовый поток и вместе с ним мигрирует к зонам аэрации. Под действием железобактерий оно затем переходит в трехвалентный оксид и выпадает в осадок. Этот процесс может вовлекать в кругооборот огромные массы железа. Как видно из таблицы 48, многие минералы и породы содержат весьма значительные абсолютные количества этого элемента.

Однако наиболее интенсивное обогащение потока грунтовых (или напорных) вод этим оксидом происходит в тех случаях, когда их водонесные или водоупорные горизонты приурочены к породам, обогащенным несиликатными железистыми минералами, например пиритом (FeS_2). В этом случае наблюдаются экстремально высокие (до 100...200 мг/м и более) концентрации железа в грунтовых водах. Примеры такого рода: грунтовые воды в зоне Московской синеклизы, региональным водоупором которой служат черные юрские глины, обогащенные пиритом; полкостровские воды в районе г. Ленинграда; марциальные воды Карелии и другие железосодержащие грунтовые воды крупных бассейнов. Профили почв, заболоченных такими водами, содержат четкие морфогенетические индикаторы заболачивания в виде ортзандовых и рудяковых горизонтов, железистых кор, дерновой руды, значительных аморфных аккумуляций оксида железа (см. табл. 48). При интенсивном агро- или лесохозяйственном использовании осушенных территорий они оказываются факторами интенсивного обогащения пахотного горизонта оксидом железа.

В целом в этой проблеме влияние ожелезненных грунтовых вод на мелиоративное и агрономическое состояние осушаемых почв следует рассматривать в двух аспектах. Во-первых, установить влияние ожелезненных вод и железистых аккумуляций почв на урожай, во-вторых, систематизировать сведения о влиянии ожелезненных грунтовых вод на работу закрытых дренажных систем.

Влияние ожелезненных грунтовых вод на растения до настоящего времени изучено весьма неполно. Так, В. Н. Кураев (1966) показал, что при содержании в водных культурах 4...5 мг/л закисного железа

48. Содержание железа в некоторых породах и глинистых минералах, % (Кунтце, 1986)

Породы и минералы	Fe ₂ O ₃	FeO
Гранит	1,6	1,8
Сиенит	2,7	3,3
Диорит	3,2	4,4
Габбро	3,2	4,4
Базальт	5,4	6,4
Иллит	2...15	—
Вермикулит	3...12	—
Хлорит	0...15	—

происходит угнетение овса и яровой пшеницы, а при 10 мг/л они гибнут. Вместе с тем А. М. Мещеряков (1960), изучавший влияние окисного железа в растворах на рост и развитие растений, установил, что прямого вредного действия железа на пшеницу не обнаружено даже тогда, когда его брали свыше 100 мг/л. В то же время автор не отрицает косвенного вредного действия железа на растения. Это подчеркивает и А. В. Лавров (1957), по сведениям которого, в ожелезненных заболоченных почвах наблюдается менее активное поглощение питательных веществ в результате капсулирования корней окисного железа. Однако капсулирование не влияло на урожайность. Многие растения (пшеница, подсолнечник, горох) компенсировали это явление развитием дополнительных корней. Приведенные данные, однако, были получены на водных культурах. Сведения о влиянии аккумуляций окисного железа в почвах на растения крайне ограничены и связаны главным образом с оценкой удобрительного действия отходов промышленности, обогащенных железом.

В естественных условиях высокие концентрации железа, приводящие к формированию сцементированных горизонтов, могут оказывать отрицательное механическое влияние на развитие корней древесной и травянистой растительности. При залегании плотных ортзандовых или рудяковых горизонтов на глубине выше 0,7 м возможно нежелательное сокращение площади питания культур. В значительной мере это отрицательное явление может быть снято глубоким мелиоративным рыхлением. При этом в любом случае необходима прямая оценка влияния повышенных концентраций окисного железа на продуктивность растений и плодородие почв.

8.1.1. Влияние аккумуляций оксида железа в корнеобитаемой зоне на продуктивность растений

В этой проблеме наиболее актуален вопрос о том, как влияют различные концентрации железа в поверхностных корнеобитаемых горизонтах на продуктивность разных культур. Сложность достаточно полного ответа на этот вопрос заключается в том, что существующие в настоящее время оценки влияния разных концентраций железа в пахот-

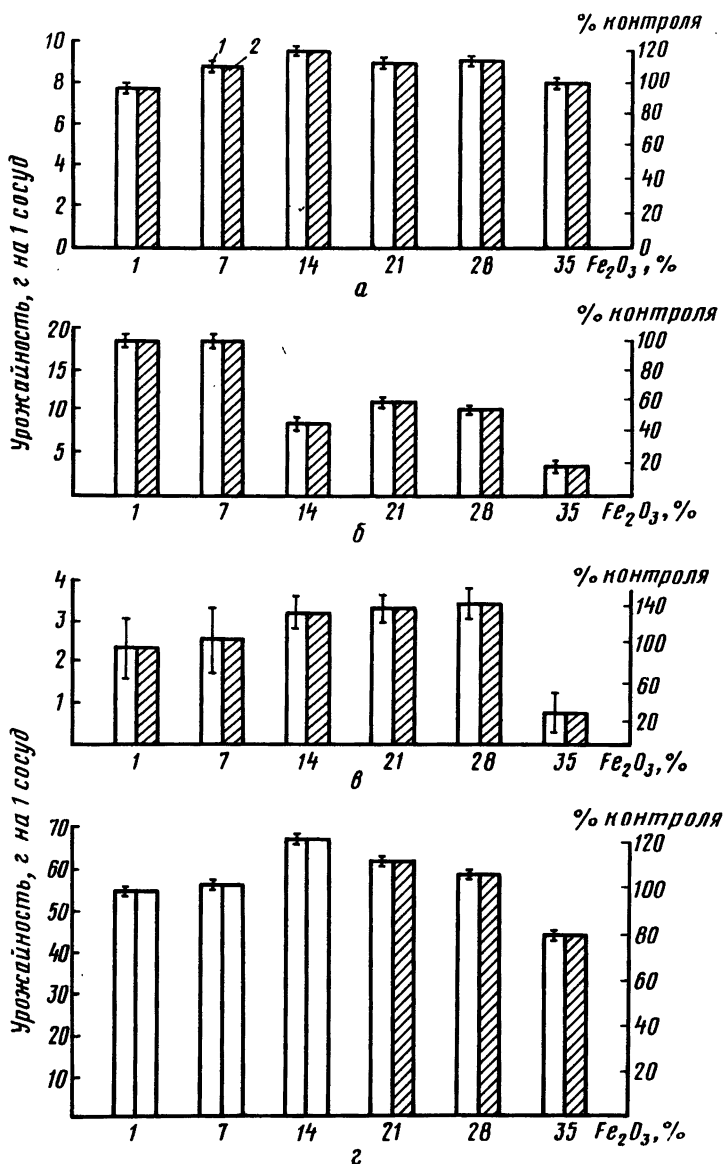


Рис. 8.1. Влияние содержания Fe_2O_3 в пахотном горизонте дерново-подзолистой супесчаной почвы на урожайность сельскохозяйственных культур в условиях вегетационного опыта:

а — ячмень (зерно), сорт Винер; *б* — салат, сорт Берлинский; *в* — клевер (зеленая масса), сорт МОС-1; *г* — фасоль (зерно), сорт Осеченский 302; 1 — урожайность, г на 1 сосуд; 2 — то же, % контроля

ном горизонте на урожай носят в конечном итоге преимущественно качественный и визуальный характер. В этом случае не рассматриваются генезис и состав железистых аккумуляций.

При низких исходных значениях содержания железа в профиле (например, около 1 % в легких песчаных почвах) его увеличение в результате разработки ортандового или иного ожелезненного новообразования может оказать несомненное положительное действие, поскольку в новообразованиях, вовлекаемых в пахотный горизонт, концентрируются необходимые для растений микро- и макроэлементы.

В условиях вегетационного опыта было изучено влияние рудяковых новообразований ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \approx 35\%$) на урожайность (рис. 8.1) сложноцветных, зерновых и бобовых культур, возделываемых на пахотном горизонте супесчаных дерново-подзолистых почв (исходное содержание $\text{Fe}_2\text{O}_3 \approx 1\%$, контроль) (Зайдельман, Нарокова, 1975). Полученные данные показывают, что культуры по-разному реагируют на различную степень ожелезнения пахотного горизонта. Зерновые на фоне благоприятного увлажнения и стабильного обеспечения растений элементами питания в диапазоне 1...35 % Fe_2O_3 практически не реагировали на изменение содержания оксида железа в пахотном горизонте. При этом в диапазоне 7...21 % Fe_2O_3 наблюдается незначительное (на 5...15 %) повышение их урожайности. Зернобобовые и бобовые травы однозначно реагировали на изменение содержания оксида железа. В интервале концентрации 14...28 % наблюдалось отчетливое повышение урожая зерна фасоли и общей массы клевера на 15...25 %. Дальнейшее увеличение содержания Fe_2O_3 в почве приводило к резкому угнетению растений и падению урожайности зерна и сена соответственно на 30 и 80 % по сравнению с контролем (1 % Fe_2O_3).

Наиболее чувствительными сельскохозяйственными культурами в этом случае оказались сложноцветные. При увеличении концентрации Fe_2O_3 в пахотном горизонте до 7 % наблюдалось некоторое увеличение (5 %) урожайности салата. Дальнейшее повышение содержания Fe_2O_3 вызывало резкое падение урожайности. В диапазоне 14...28 % Fe_2O_3 урожайность не превышала 40...60 %, а при 35 % оксида железа в пахотном горизонте составила лишь 20 % по сравнению с контролем.

Несомненно, что весьма существенным остается вопрос о влиянии повышенных концентраций Fe_2O_3 на качество сельскохозяйственной продукции. Вероятно, этот вопрос нуждается в самостоятельном дополнительном изучении. По нашим данным, можно лишь признать, что в тех случаях, когда урожайность зерновых удерживается на уровне контроля, содержание белка в товарной продукции остается неизменным или более высоким, чем на контроле. В бобовых содержание белка было близко к контрольным значениям.

8.1.2. Влияние ожелезненных грунтовых вод на закрытый дренаж

Выше отмечалось, что поступление железа в грунтовые воды Нечерноземья следует прежде всего объяснить тем, что здесь на огромных территориях абсолютно господствует процесс глееобразования, следст-

нием которого является интенсивное обезжелезнение почв и почвообразующих пород. Железо мигрирует в грунтовый поток в виде бикарбоната и карбоната, хелатных органо-минеральных соединений и в других формах. В результате в грунтовых водах гумидной зоны появляется железо, концентрация которого обычно невелика, (0,5...3,0 мг/л), но достаточно постоянна. Вместе с тем этот общий уровень концентрации может повышаться в зонах их естественного упаривания (до 5...15 мг/л). Однако наиболее существенно содержание двухвалентного железа возрастает в тех случаях, когда грунтовые воды приурочены к водоносным и водоупорным породам, обогащенным несиликатными железосодержащими минералами (например, пиритом FeS_2). Так, региональным водоупором Московской синеклизы являются юрские пиритсодержащие глины. В результате растворения огромных масс этого минерала содержание закисного железа в грунтовых водах существенно возрастает и нередко достигает нескольких десятков или сотен миллиграммов на литр. Например, в пойме р. Яхромы в Московской области грунтовые воды, приуроченные к юрским отложениям, содержат до 200...300 мг/л двухвалентного железа.

Высокие концентрации двухвалентного железа сами по себе, очевидно, не представляют опасности для работы дренажа до тех пор, пока сохраняются анаэробные условия. Однако, если это условие нарушено, возникает аэробная обстановка, значительные массы двухвалентного железа переходят в форму трехвалентного оксида и выпадают в осадок. В последнем случае особенно опасна дегидратация аморфных и рыхлых коллоидальных масс трехвалентного оксида железа. При этом (например, в период летней межени) внутри труб, на стыках керамических или в перфорации пластмассовых дрен формируются аккумуляции твердых осадков лапидокрокита, лимонита, гидрогетита и других оксидных несиликатных железосодержащих минералов. Это явление сопровождается выходом из строя отдельных дрен, секций и дренажных систем.

Охра (коллоидальный осадок оксида трехвалентного железа) в свежем состоянии имеет желеобразную консистенцию желтоватого или красновато-бурого цвета. После высыхания на воздухе она превращается в окристаллизованный порошок. Ее химический состав неоднороден. В охре 3...70 % окиси железа, 10...20 % состава — нерастворимый концентрированной соляной кислотой минеральный силикатный остаток. В охре содержатся алюминий, марганец, кальций, магний, сера, кремний. В ней от 20 до 50 % органического вещества, что позволяет предполагать самое активное участие в ее формировании микроорганизмов (Кунце, 1986). В окислении двухвалентного железа и образовании охры ряд авторов (Форд, Таккер, 1975) предполагают участие следующих химических и биохимических процессов:

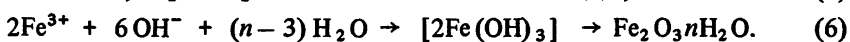
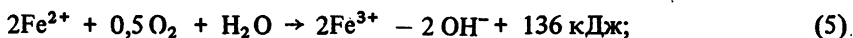
1. Химическое образование охры связано с изменением парциального давления кислорода, окислением двухвалентного железа и его осаждением в результате изменения pH и Eh.

2. Биохимическое образование охры (доминирующее направление охрообразования — до 80...98 % всего объема охры) обусловлено, во-

первых, хемолитоавтотрофным окислением железа на фоне выделения энергии, используемой микроорганизмами; во-вторых, оно происходит в результате окисления без выделения энергии как следствие жизнедеятельности гетерогенной группы гетеротрофных "железоорганизмов"; в-третьих, осаждением из железоорганических соединений в результате жизнедеятельности гетеротрофных бактерий.

Таким образом, химический путь образования охры имеет подчиненное значение ($\sim 2...20\%$). Основная масса охры возникает биохимическим путем.

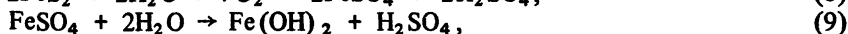
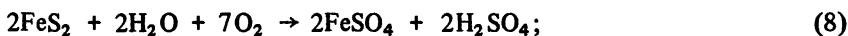
Наиболее быстро процесс окисления протекает в нейтральной и слабокислой среде по следующей схеме:



Осадок охры затем при высыхании подвергается активной дегидратации и кристаллизации:



В нейтральной и слабокислой среде причиной образования охры преимущественно из хелатных органо-минеральных соединений является жизнедеятельность нитчатых железобактерий групп *Galionella*, *Leptothrix* (нейтрофилы или факультативно-хемолитоавтотрофные бактерии) и нитеобразующих бесцветных сероокисляющих бактерий *Tiethrix*. Кроме того, в этом процессе принимают участие гетеротрофные микроорганизмы, минерализующие органо-минеральные леганды (бактерии, актиномицеты и другие грибы). Г. Кунтце (1986) подчеркивает важную роль палочковидных ацидофильных серобактерий в окислении двухвалентного железа до трехвалентного и образовании охры в дренажных трубах. Серобактерии — аэробы, для развития которых требуется сильноокислая (рН 2,5...4,2) среда. Непрерывное подкисление среды (например, в почвах на юрских глинах, обогащенных пиритом) может происходить в результате возникновения серной кислоты в процессе окисления пирита по схеме:



и последующей трансформации двухвалентного железа в трехвалентное по схеме (5), (6).

В наиболее распространенных слабокислых или нейтральных условиях в контактных зонах (аэробные — анаэробные среды), т. е. в щелях керамических или в перфорации пластмассовых труб, быстро развиваются нитевидные железобактерии с оптимумом рН 5...8 и Eh + 200... + 500 Мв.

В прикладном отношении в рассматриваемой проблеме наибольший интерес представляют два вопроса: в каких почвенно-мелиоративных условиях происходит закупорка дренажа гидроокисью железа и какими способами следует предотвратить выход из строя закрытых

осушительных систем в результате аккумуляции железа в дренажных трубах.

Теоретически закупорка дренажа определяется только окислительно-восстановительным потенциалом и щелочно-кислотными условиями. Двухвалентное железо может удерживаться в растворе и не переходить в трехвалентную нерастворимую форму при pH 7, если окислительно-восстановительный потенциал почвы ниже 200 мВ. Практически, однако, закупорка дренажа наблюдается прежде всего на массивах, заболоченных аллохтонными (грунтовыми) сильноожелезненными водами. Особенно отчетливо это проявляется на фоне экстремально ожезеженных грунтовых вод, приуроченных к породам и водоупорным горизонтам с повышенным содержанием несиликатных минералов железа.

По сообщениям У. Найдекера (1956), наиболее быстро выходит из строя дренаж, расположенный в поймах речных долин. Анализируя опыт работ закрытых осушительных систем Австрии, автор подчеркивает их быструю заиливаемость оксидом железа в зонах распространения таких сильноминерализованных вод.

Ранее было отмечено (Зайдельман, 1981), что все почвы Нечерноземной зоны с точки зрения возможной закупорки дренажа оксидом железа можно подразделить на следующие пять групп.

В состав *первой* группы входят подзолистые и болотно-подзолистые, дерново-глеевые, дерново-карбонатные, серые и серые лесные оглеенные на суглинистых и глинистых карбонатных, нейтральных и кислых покровных и моренных, на карбонатных пермских и озерно-ледниковых (кроме тонкослоистых ленточных глин) отложениях, заболоченных поверхностными водами. Она включает также почвы легкого механического состава, приуроченные к мало- и среднемощным двучленным отложениям с тяжелым подстиланием. В этом случае под слоем легкого флювиогляциального наноса неглубоко от дневной поверхности (соответственно до 60 и 120 см) залегает толща тяжелых отложений разного генезиса, играющих роль водоупора.

Применительно к минеральным заболоченным почвам, объединенным в первую группу, на территории Нечерноземной зоны неизвестны случаи выхода из строя систем в результате закупорки дренажа оксидом железа. Если исходить из выводов Г. Кунтце и Р. Эггельсманна (1974), то для всей этой группы почв свойственны концентрации железа в естественных поверхностных водах, вызывающих их заболачивание, не более 3 мг/л. Таким образом, содержание закисного железа в водах не превышает критические значения (табл. 49).

Существенно и то, что концентрация железа в дренажном стоке из почв, заболоченных поверхностными водами, обычно имеет определенную тенденцию к постепенному снижению. Почвы медленно отдадут в дренажный сток часть несиликатного железа, а его общий резерв несколько уменьшается. При этом, однако, необходимо иметь в виду следующие обстоятельства.

1. В дренажном стоке содержание железа оказывается тем выше,

49. Опасность отложения охры в дренах в зависимости от содержания в воде двухвалентного железа и значения pH (Г. Кунце, Р. Эггельсманн, 1974)

Содержание Fe^{2+} , мг/л		Опасность отложения охры в дренах
Кислая реакция (pH < 7)	Щелочная реакция (pH > 7)	
< 0,5	< 1,0	Маловероятна
0,5...1,0	1,0...3,0	Незначительна
1,0...3,0	3,0...6,0	Средняя
3,0...6,0	6,0...9,0	Большая
> 6,0	> 9,0	Очень большая

чем больше междренные расстояния, чем слабее канализация участка (табл. 50).

2. В почвах на кислых породах в условиях поверхностного заболачивания изменчивость содержания Fe^{2+} во времени и в пространстве невелика. Заметные отклонения в естественных условиях можно ожидать лишь в ареалах сильноотторфованных или в торфяных почвах. На минеральных оглеенных почвах колебания не выходят за границы одной градации.

50. Влияние глубокого мелиоративного рыхления и междренных расстояний на содержание Fe^{2+} в дренажных водах, мг/л. Почвы дерново-подзолистые глееватые на кислых тяжелых покровных суглинках — легких глинах (мелиоративный почвенно-гидрологический стационар "Сахарово-Лихтошь", Вологодская область, 1982 г.) *

Период определения	Междренное расстояние, м		
	10	20	40
<i>Весна:</i>			
пик	0,21	0,28	0,48
	0,16	0,18	0,32
	0,22	0,31	0,46
спад	0,14	0,22	0,38
	0,12	0,14	0,38
завершение спада	0,09	0,11	0,32
	0,12	0,11	0,28
<i>Осень</i>	0,07	0,13	0,14

* В числителе — контроль, в знаменателе — глубокое рыхление.

3. Мероприятия по аэрации профиля оглеенных суглинистых и глинистых почв поверхностного заболачивания вызывают существенное снижение содержания Fe^{2+} в водах дренажного стока. Так, на второй-третий год после глубокого мелиоративного рыхления активными

рыхлителями на глубину 0,8 м установлено снижение содержания Fe^{2+} на 20...50 %.

4. При анализе полученных данных обращает внимание часто наблюдаемое увеличение концентрации Fe^{2+} на спаде весеннего пика.

Последнее обстоятельство связано, по-видимому, с тем, что на спаде паводка на фоне общего прогревания обводненной почвы и особенно в толще обратной траншейной засыпки, обогащенной органическим веществом, интенсивно развивается глееобразование. Этот процесс обезжелезнения минеральной массы мелкозема — причина кратковременного повышения содержания закисного железа в водах дренажного стока.

Вторую группу образуют легкие почвы различного генезиса, заболоченные неминерализованными пресными, ультрапресными и жесткими гидрокарбонатно-кальциевыми водами. Осушительным системам, действующим в таких условиях на минеральных почвах, как правило, не угрожает закупорка дренажа оксидом железа. Вместе с тем на торфяных почвах в начальной фазе осушения в грунтовых водах могут появляться невысокие концентрации двухвалентного железа, не представляющие, однако, угрозы для работы закрытого дренажа.

В третью группу входят суглинистые и глинистые пойменные почвы на тяжелом аллювии, заболоченные поверхностными намывными русловыми водами. В этом случае также, как правило, не происходит формирования ожелезненных вод типа верховодки и не возникает угроза закупорки дренажа оксидом железа.

Вместе с тем в ряде случаев здесь не только на торфяных, но и в минеральных почвах может заметно увеличиваться содержание подвижного железа в верховодке. Последнее обстоятельство обычно обусловлено геологическим строением речной долины. Если река размывает юрские или иные отложения, обогащенные несиликатными железосодержащими минералами, твердый сток и аллювий могут оказаться источником заметных концентраций железа в дренажных водах. Его повышенное содержание будет находиться в тесной связи с исходной степенью заболоченности почв и интенсивностью их оглеения в условиях действия осушительных систем.

Особый интерес представляют почвы *четвертой группы*, приуроченные к кислым или нейтральным тонкослоистым ленточным глинам поверхностного заболачивания. В этом случае, когда почвообразующие породы отличаются особенно тяжелым гранулометрическим составом и высоким содержанием илистой фракции (например, в Нечерноземной зоне РСФСР — тонкослоистые ленточные глины бассейна оз. Ильмень, содержание частиц менее 0,001 и 0,01 соответственно 40...45 и 85...95 %), выход закисного железа в дренажный сток *на спаде паводка* оказывается весьма значительным. По сравнению с пиком паводка в этом случае нами (Зайдельман, Жиров, Санжаров, неопубликованные данные) было установлено увеличение в несколько раз содержания Fe^{2+} в дренажном стоке при его переходе в капельный. Эти особенности изменения содержания железа в дренажных водах

следует учитывать при проектировании дренажа и выборе мероприятий, исключающих его закупорку охрой. Несмотря на то что пока здесь не зафиксированы случаи выхода из строя дрен в результате ожелезнения, тем не менее существует реальная угроза их закупорки охрой.

Наконец, *пятую*, наиболее опасную *группу* образуют почвы, приуроченные к ареалам распространения ожелезненных грунтовых вод. Как правило, это ортзандовые и рудяковые почвы разного генезиса, железистые аккумулятивные коры, ожелезненные торфяные почвы, часто с мощными аморфными гидроокисными поверхностными горизонтами, минеральные и торфяные пойменные почвы. Грунтовые воды, вызывающие их заболачивание, приурочены к водоносным и (или) водоупорным породам, обогащенным железосодержащими несиликатными минералами. В таких условиях в дренажных трубах, в их стыках и перфорации может накапливаться значительная масса охры, которая после дегидратации прочно перекрывает поступление воды в дренажи. В таблице 51 систематизированы известные данные, отражающие степень опасности и угрозу заохривания дрен в зависимости от почвенно-мелиоративных условий Нечерноземной зоны. Здесь же рассмотрен состав изысканий по мелиоративной оценке гидрохимических условий массива осушения с целью выявления степени угрозы ожелезнения дрен.

К этому следует лишь добавить, что для территорий, занятых почвами пятой группы, следует признать целесообразным составление самостоятельных картограмм гидрохимического опробывания, увязанного с детальными (М 1 : 2000 или 1 : 5000) почвенно-мелиоративными картами массивов осушения. На этой основе затем в составе проекта необходимо разработать систему мероприятий по защите закрытых дренажных систем от заохривания. Весьма эффективны из них следующие:

1. Замена пластмассового дренажа керамическим в тех случаях, когда содержание Fe^{2+} в грунтовых водах меняется в интервале 3...6 мг/л. Так, З. Д. Федотова и В. П. Страутыня (1971) обнаружили образование хлопьев охры в пластмассовых дренах из полиэтилена и полипропилена при содержании Fe^{2+} в грунтовых водах 3...5 мг/л. Если концентрация этого иона оказывалась более 6 мг/л, то, по данным этих авторов, происходило заиливание приемных отверстий.

2. Увеличение уклона дрен до 0,005...0,007. Так, при осушении торфяных почв в долине р. Яхромы Московской области дренажи с уклоном 0,005 оказались в два раза меньше заилены охрой, чем при уклоне 0,002 (Маслов, 1963). Придание такого уклона создает благоприятные условия для работы керамических дрен при содержании Fe^{2+} в грунтовых водах в интервале от 6 до 10...12 мг/л.

3. При значительных концентрациях железа — перехват грунтового потока и сброс его за пределы осушаемой территории.

4. Принудительная промывка дрен с помощью несложных реактивных промывочных устройств (Эггельсманн, 1984) в последние годы в нашей стране и за рубежом приобретает все большее распространение.

51. Степень опасности закупорки трубчатого дренажа охрой

Степень опасности	Угроза закупорки дрена	Причина заболачивания почв	Генезис		Геоморфологическая или ландшафтная приуроченность	Состав изысканий по мелиоративной оценке гидрохимических условий мелиорации
			почв	почвообразующих и подстилающих пород		

- 1 Нет

Поверхностные – Болотно-подзолистые; болотные; дерново-глебовые

Намывные склоновые и атмосферные – воды

Моренные, покровные, пермские, озёрные, кислые, нейтральные и карбонатные суглинки и глины

Моренные, покровные, но-моренные ландшафты; ополья; возвышенные равнины Западного Предуралья; надпойменные террасы речных долин

Локальное опробование грунтовод в контурах распространения торфяных почв и в зонах аккумуляции верховодки на минеральных почвах
- 2 Как правило, нет

Грунтовые – Пресные, ультрапресные и жесткие – воды

Болотно-подзолистые; болотные; дерново-карбонатные

Моренные, флювиогляциальные, древнеаллювиальные пески, супеси, реже легкие суглинки

Полесья, надпойменные террасы речных долин на вых в вод в контурах распространения торфяных почв

Локальное опробование грунтовод в контурах распространения торфяных почв и в зонах аккумуляции верховодки на минеральных почвах
- 3 Вероятна незначительная локальная угроза

Намывные русловые воды, содержащие аллювий, обогащенный железосодержащими несиликатными минералами, верховодка, обог

Пойменные зернистые оглеенные, дерново-глебовые и торфяные

Современные аллювиальные суглинистые и глинистые отложения

Пойменные террасы речных долин

Локальное опробование грунтовод в контурах распространения торфяных почв и в зонах аккумуляции верховодки на минеральных почвах

Продолжение

Степень опасности	Угроза закупорки дрена	Причина заболачивания почв	Генезис		Геоморфологическая или ландшафтная приуроченность	Состав изысканий по мелиоративной оценке гидрохимических условий массива осушения
			почв	почвообразующих и подстилающих пород		

гащенная закисным железом

- | | | | | | | |
|---|---------------------------------|--|---|---|---|---|
| 4 | Вероятна локальная угроза | Поверхностные — намывные склоновые и атмосферные — воды | Болотно-подзолитые | Тонкослоистые кислые или нейтральные ленточные глины | Лимногляциальные ландшафты Великих озер Русской платформы | При эксплуатации локальное опробование стока на спаде паводка |
| 5 | Возможна повсеместная закупорка | Грунтовые и напорные ожелезненные воды равнин и межгорных котловин | Минеральные болотно-подзолитые, ортзандовые; луговые рудяковые; железистые коры; пойменные иловато-глеевые; торфяные ожелезненные | Аллювиальные, древнеаллювиальные, флювиогляциальные пески, супеси, легкие суглинки, обогащенные несиликатными железистыми минералами или на пиритсодержащих породах. Древнеаллювиальные суглинки и глины на напорных ожелезненных водах | Полесья, террасы речных долин, межгорные котловины. Зона распространения юрских пород, обогащенных пиритом и другими несиликатными минералами | Крупномасштабное сплошное гидрохимическое картирование территории |

Значительно снижают миграционную активность двухвалентного железа все мероприятия по аэрации почв (глубокое мелиоративное рыхление, кротование) и интенсивное известкование поверхностных горизонтов профиля. Вместе с тем наблюдения Г. Кунтце (1986) показывают, что используемый ранее прием внесения извести в траншею для создания слабощелочного барьера вокруг дренажной трубы и перехода подвижного закисного железа в трехвалентный оксид часто приводит к его аккумуляции в порах засыпки и падению ее водопроницаемости.

Процесс закупорки наиболее заметен при концентрациях двухвалентного железа в грунтовой воде свыше 10 мг/л. Падение K_f засыпки в этом случае может оказаться весьма заметным — в 2...3 раза по сравнению с неизвесткованным контролем. Вместе с тем при миграции грунтовых вод с меньшими концентрациями железа в начальной фазе эксплуатации систем на слабоожеженных водах наблюдаются некоторое агрегатирование обратной траншейной засыпки и повышение ее водопроницаемости.

В связи с изложенным следует подчеркнуть, что все рассмотренные рекомендации по оценке ожеженных грунтовых вод в связи с угрозой закупорки дренажа оксидом железа относятся в основном к условиям южнотаежной подзоны. По-видимому, вообще закупорка дренажа оксидом железа в географическом отношении ограничена северной границей лесостепи, поскольку южнее доминируют жесткие грунтовые воды.

Сведения о возможности закупорки дренажа на закрытых системах в средней и северной тайге практически отсутствуют. Однако известны сообщения о том, что закрытые дренажные системы в высоких широтах при значительном содержании закисного железа в грунтовых водах (до 20...30 мг/л и более) не подвергаются заметному заохриванию. Поэтому данные таблицы 51 далеко не всегда достаточны для оценки реальной опасности заохривания дрен при работе дренажа в высоких широтах. В настоящее время экспериментальные данные, объясняющие это явление, по-видимому, отсутствуют. Поэтому можно предложить следующую гипотезу слабого ожежения дрен осушительных систем Европейского Севера. Она учитывает природные особенности северных территорий Нечерноземья.

Как известно, минеральные почвы южной тайги подвергаются глубокому и относительно длительному иссушению в период летней межени. Это обуславливает обезвоживание охры, ее дегидратацию и кристаллизацию. Аморфный оксид железа накапливается в дренажной трубе и прочно прилипает к ее стенкам. Воды снегового и ливневого паводков не смывают эти осадки. Поэтому здесь они активно и ежегодно нарастают. В конечном итоге дрена заполняется лимонитом, другими оксидными железистыми минералами и ее активная функция прекращается.

В отличие от южной в средней и особенно в северной тайге высыхание осушенных почв протекает слабее, аморфный остаток оксида железа не подвержен в этом случае дегидратации. Поэтому проходя-

щий здесь под известным напором весенний паводок размывает и выносит оксид железа из дрены. Такая естественная очистка труб весной позволяет, по-видимому, осушительной системе неопределенно долго действовать на ожелезненных грунтовых водах. Изложенное позволяет признать, что при оценке возможности выхода из строя дренажа в результате ожелезнения следует учитывать и особенности гидротермического режима осушаемых почв, обусловленные зональными и фациальными климатическими условиями. Однако достаточные критерии для такой оценки пока остаются неразработанными.

8.2. ВЛИЯНИЕ КАРБОНАТОВ КАЛЬЦИЯ В ПОЧВЕ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

В Нечерноземной зоне на фоне кислых подзолистых, болотно-подзолистых и бурых почв, отличающихся невысоким естественным плодородием, резко выделяются дерново-карбонатные суглинистые и глинистые почвы. Их типичные варианты отличаются активным вскипанием по всему профилю, аккумуляцией карбонатов щелочноземельных металлов, повышенным содержанием органического вещества.

Вместе с тем известны и другие факты. Если субстратом для растений оказываются карбонатные отложения или минеральный мелкозем, содержащий значительное количество дисперсного известкового материала гидрогенного происхождения (например, туф, луговая известь или луговой мергель), то на этих породах происходит угнетение или гибель растений. Такие неблагоприятные условия нередко можно наблюдать на обширных пространствах. Более 2000 лет назад на западных склонах Динара, образованных карбонатными породами, римлянами для постройки галер были вырублены дубовые леса. С тех пор и до настоящего времени на территориях этих вырубок после эрозии почв на обнаженных карбонатных породах, несмотря на неоднократно предпринимаемые попытки, не удалось восстановить растительный покров.

В последние десятилетия в западной части Русской платформы после интенсивного осушения низинных болот Припятского полесья и сработки торфа на дневную поверхность локально вышли известковые горизонты, отличающиеся низким плодородием. Они оказались весьма неблагоприятным субстратом для сельскохозяйственных растений. Аккумуляции туфа, лугового мергеля и извести широко распространены в почвах, где причиной заболачивания служат жесткие грунтовые и напорные воды. В этих водах в зоне аэрации происходит резкое падение парциального давления угольной кислоты. В результате бикарбонаты щелочноземельных металлов переходят в карбонаты и выпадают в осадок, формируя толщи вторичных известковых аккумуляций. После осушения в процессе обработки почв, осадки и сработки торфяной толщи в поверхностные корнеобитаемые горизонты поступает значительная масса извести. Количественная агроэкологическая оценка ее влияния, однако, пока остается неизвестной.

В этой связи были выполнены специальные исследования в вегетационных условиях для определения критических уровней содержания гипса (рис. 8.2) и извести (рис. 8.3.) (Зайдельман, Нароков, 1976). Оценивали влияние на растения возрастающих доз мергелевых аккумуляций, отобранных из осушенных почв. На таких субстратах с содержанием CaCO_3 в интервале 10...90 % изучали изменение продуктивности сложноцветных, бобовых и зерновых культур. Полученные данные показывают, что высокие концентрации извести существенно не изменили урожайности сложноцветных (в опыте — салат). Повышение содержания извести в почве до 20 % сопровождалось заметным увеличением урожайности на 20...30 %. При дальнейшем росте содержания извести (до 70 %) урожай салата несколько превышал (на 5...10 %) контроль или находился на его уровне (CaCO_3 — 80 %). Наконец, непосредственно на мергеле (92 % CaCO_3) растения испытывали резкое угнетение.

В отличие от сложноцветных действие извести на зерновые культуры весьма отчетливо проявлялось в малых дозах. Так, при содержании CaCO_3 в количестве 10...15 % урожай зерновых снижался на 5 %; при 30 % — на 20 %. При дальнейшем увеличении концентрации CaCO_3 (до 50 %) урожайность зерна ячменя и овса уменьшалась соответственно на 30 и 40 %.

Поведение бобовых культур в условиях прогрессирующего увеличения в почве извести носило промежуточный характер. На определен-

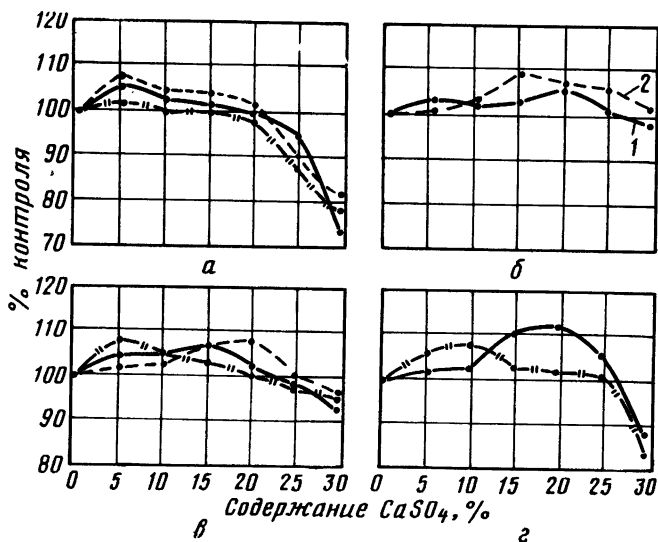
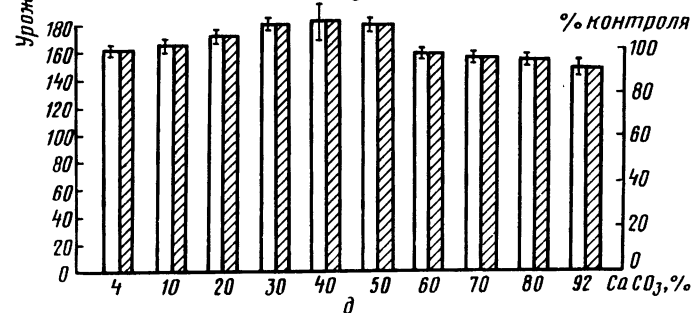
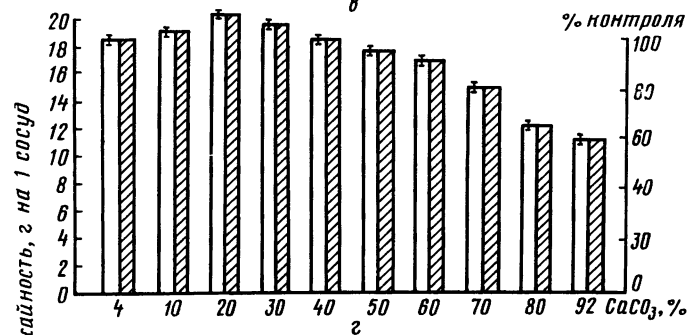
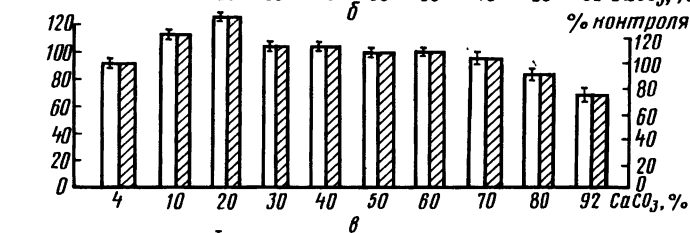
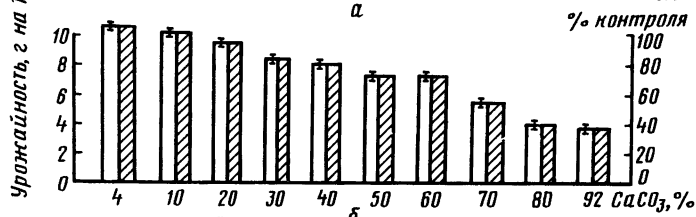
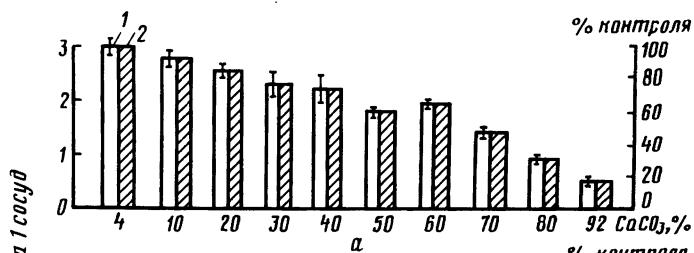


Рис. 8.2. Влияние содержания гипса в корнеобитаемом слое торфяных почв на урожайность сельскохозяйственных культур в разные годы:

а — салат; б — зерно фасоли (1) и бобов (2); в — ячмень (зерно); г — кукуруза (зеленая масса)



ном этапе (до 50...60 % CaCO_3 соответственно для фасоли на зерно и кормовых бобов на зеленую массу) наблюдалось незначительное увеличение урожайности (до 15...20 %). Затем урожайность бобовых на зерно несколько уменьшалась или оставалась стабильной (зеленой массы) даже при содержании извести, равном 90 %.

Таким образом, если признать критическими уровнями концентрации CaCO_3 в пахотном горизонте, при которых урожайность снижается на 5 %, то они окажутся равными соответственно для сложноцветных овощных культур 70 %, для зерновых бобовых 50, для злаковых зерновых 10...15 %.

В приведенных данных обращает внимание факт, не получивший пока удовлетворительного объяснения. Он заключается в том, что действие железистых и известковых аккумуляций оказывается в известном смысле антагонистичным. Так, зерновые злаковые растения относительно легко переносят повышение содержания железа. При максимальном содержании этого металла в почве их урожай практически не снижался, тогда как незначительное повышение извести в корнеобитаемом горизонте резко снижало выход зерна. Напротив, сложноцветные овощные культуры продуцировали наиболее высокую урожайность или не снижали ее уровня при весьма значительных концентрациях (CaCO_3 — до 70 %). Однако они испытывали резкое угнетение при относительно невысоких (до 14 %) дозах оксида железа (Fe_2O_3). Промежуточная реакция на повышенное содержание железа и извести свойственна зернобобовым.

8.3. ГИПС В ПОЧВАХ ГУМИДНЫХ ЛАНДШАФТОВ

Аккумуляции гипса в заболоченных почвах имеют весьма ограниченное распространение. Как правило, они встречаются в речных долинах, преимущественно в почвах пойменных террас, заболоченных грунтовыми или напорными водами. Обычно эти воды находятся в тесной гидравлической взаимосвязи с толщей мезозойских отложений, представленных породами татарского и келловейского ярусов. В минеральных сильнооглеенных структурных глинистых почвах поймы р. Клязьмы (Владимирская обл.) они встречаются в виде мелких кристаллических образований желтоватого цвета. В торфяных почвах рек Клязьмы, Теши, Кудьмы гипсовые аккумуляции отчетливо проявляются в засушливый летний период в виде белесоватого солевого налета на поверхности пашни, приуроченной к торфяным почвам.

Рис. 8.3. Влияние содержания извести (лугового мергеля) в корнеобитаемом слое на урожайность сельскохозяйственных культур:

а — овес (зерно), сорт Московский; *б* — ячмень (зерно); *в* — салат, сорт Берлинский; *г* — фасоль (зерно), сорт Краснодарский; *д* — бобы (зеленая масса), сорт Русский; *1* — урожайность, *г* на 1 сосуд; *2* — то же, % контроля

Несмотря на то что гипсодержащие почвы, как правило, играют важную роль в сельскохозяйственном производстве, их агроэкологическая оценка до последнего времени практически отсутствует. Выполненные под нашим руководством исследования раскрывают влияние различных концентраций гипса в корнеобитаемом горизонте на продуктивность ряда сельскохозяйственных культур. Оценка влияния различных концентраций гипса на растения производилась на низинных торфяных почвах, поскольку именно на них наиболее часто встречаются случаи кальций-сульфатного засоления.

Исследования выполняли в условиях вегетационного опыта на фоне оптимального увлажнения (0,8ППВ...ППВ) и удобрения. Действие гипса оценивали в интервалах его концентрации в пахотном горизонте 0...30 % абсолютно сухой массы торфяной почвы. Полученные данные отражают изменения урожайности кукурузы, ячменя, фасоли и салата на фоне разного содержания сульфата кальция (рис. 8.2.). Они позволяют признать, что на все культуры гипс влияет негативно только при его весьма высоком содержании в пахотном горизонте. Поэтому наиболее часто встречающиеся в естественных условиях концентрации сульфата кальция в пахотном горизонте органогенных почв (5...10 %) находятся значительно ниже порога токсичности этой соли. Они не оказывают отрицательного влияния на урожай растений. Так, установлено, что урожайность сложноцветных (салат) резко снижается только в тех случаях, когда содержание CaSO_4 равно или больше 20 %. У зерновых (ячмень) урожайность несколько ниже контроля ($\sim$ на 10 %) можно наблюдать лишь при концентрациях гипса в пахотном горизонте более 20...25 %. Кукуруза на зерно, фасоль и бобы резко снижают урожай, когда концентрация гипса в пахотном слое оказывается выше 25...30 %.

8.4. САПРОПЕЛЬ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ

Обязательный признак торфяных болот, возникших в результате зарастания и заболачивания водоемов, — наличие своеобразных донных отложений, получивших название "сапропель". Сапропелями (Тюремнов, 1976) называют современные коллоидальные отложения континентальных водоемов, содержащих не менее 15 % органического вещества и некоторое количество неорганических компонентов биогенного происхождения. В сапропелях в зависимости от условий формирования содержатся и привнесенные минеральные примеси (песок, глинистые частицы, известь, оксиды железа и др.). Сапропели — отложения пресноводных водоемов. Они формируются из отмирающих организмов планктона и бентоса, а также из макрофитов, обитающих на поверхности и в толще водоема. Сапропели представляют собой студенисто-желеобразную массу, в которой структурные остатки животных и растительных организмов практически неразличимы. При высыхании сапропель твердеет, не размокает, приобретает раковистый излом

и легко расслаивается на отдельные тонкие листочки. Его окраска изменяется от серой, зеленоватой, желтой, коричневой до черной.

Различают несколько видов сапропелей: *глинистый*, отличающийся высокой пластичностью; *песчаный* с примесью песка, заметной на ощупь и на глаз; *известковистый*, содержащий большое количество известковых частиц (известковистые сапропели имеют белесовато-серый или белый цвет); *диатомовые*, обогащенные кремнеземом; *детритовые*, состоящие в основном из органического вещества, отличающегося разнообразной окраской: коричневой, оливковой, желтоватой, розовой. В связи с особенностями происхождения сапропель оказывается обогащен кальцием, фосфором, железом, физиологически активными веществами. Поэтому он представляет собой естественное природное удобрение, состав которого, однако, существенно варьирует в зависимости от гидрохимических условий водоемов.

Общие запасы сапропеля в стране огромны. В СССР в целом они составляют 250 млрд. м³. 30 млрд. м³ приходится на Нечерноземную зону РСФСР. По существу, мы находимся на самом начальном этапе добычи сапропеля для земледелия. Начало этим работам было положено использованием сапропеля оз. Неро (Ярославская обл.), а затем трех других озер в Белоруссии: оз. Вечер (с 1976 г.), Червоное (с 1978 г.) и Судобль (с 1984 г.). К 1984 г. объем добычи сапропеля составил всего 130 тыс. м³. В обстоятельной сводной статье, посвященной современному состоянию добычи и свойствам сапропеля, Г. Г. Воробьев и Г. И. Нестерова (1986) указывают, что на территории Нечерноземной зоны по отношению к сухому веществу в сапропеле может содержаться органического вещества 10...93 %; извести 1...90 %; общего азота 0,4...6,0; окиси кремния 1...55 %. Следует подчеркнуть и то, что резкие различия химического состава сапропеля нередко проявляются в пределах акватории одного водоема. Значительную вариабельность химических свойств сапропелей разных озер иллюстрирует таблица 52.

52. Химическая характеристика сапропеля, % массы абсолютно сухого вещества

Показатели	Норма по республиканскому стандарту РСТ БССР 768-80	Озеро			
		Неро	Червоное	Вечер	Судобль
Зольность с учетом потерь CO ₂ при прокаливании	59,4 (не более)	82,14	43,25	49,8	11,38
Содержание, %:					
сухого остатка после прокаливания при 850 °С	50 (не более)	63,6	40,9	42,0	10,2
N	1,5 (не менее)	1,1	2,6	1,6	4,5
CaO в золе	12,0 (не более)	23,6	3,0	12,0	1,5
CaCO ₃	21,4 (не более)	42,14	5,35	19,8	2,68
органических веществ	40 (не менее)	17,86	56,75	50,2	88,62

При анализе сапропеля важны критерии его оценки как удобрения. Важными тестами в этом случае являются содержание в сапропеле извести, азота, органических веществ, сухого остатка после прокаливания. В соответствии с требованиями республиканского стандарта Белоруссии сапропель по содержанию извести разделен на следующие категории: I — менее 30 %, II — 30...50, III — 50...70, IV — более 70 %. Сапропель второй и более высокой категорий согласно этому стандарту рассматривается только как материал для известкования кислых почв. В целом от I и IV категорий ценность сапропеля как удобрения резко снижается. Вместе с тем технология внесения в почву сапропеля как известкового материала (II...IV категории) экономически уступает технологии внесения в почву извести традиционными способами.

Промышленная добыча сапропеля на удобрение весьма сложна, так как предусматривает его высушивание до 50 % влажности (при такой влажности сапропель превращается в порошок). По методике АН БССР (1982) технология добычи сапропеля на удобрение состоит из следующих операций: гидромеханическая экскавация сапропеля; транспортировка пульпы по трубам в отстойники; сгущение сапропеля и его сушка до 50 % относительной влажности; сгребание и складирование; доставка и внесение в почву.

8.5. ХЛОРИДНО-СУЛЬФАТНЫЕ ЛЕГКОВОДОРАСТВОРИМЫЕ СОЛЕВЫЕ АККУМУЛЯЦИИ В ТОРФЯНЫХ ДЛИТЕЛЬНО-СЕЗОННО-МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВАХ

В заболоченных и болотных почвах легководорастворимые аккумуляции солей, как отмечено выше, встречаются редко. Их появление связано с локальными, эндемичными геологическими, геохимическими и ландшафтными условиями. Наиболее крупный массив торфяных почв, засоленный хлоридами и сульфатами, — Барабинские болота Западной Сибири. Источник водорастворимых солей здесь — преимущественно минеральные породы, образующие днище заболоченных территорий, а также поток слабоминерализованных грунтовых вод. Как правило, засоленные почвы образуют кромку болотного массива.

В этой зоне распространены относительно маломощные органогенные почвы. Почвы центральной части таких массивов на мощной толще торфяной залежи обычно свободны от солей. Это явление наблюдается в естественном состоянии, оно сохраняется и после осушения.

Такая резкая дифференциация почвенного покрова и концентрация водорастворимых солей на периферии болот, как показали исследования И. И. Логинова (1986) и других авторов, объясняются особенностями гидротермического режима и литологией. Общей закономерностью в этом случае являются приуроченность маломощной торфяной залежи к периферии болот и наличие мощных торфяных почв на основной части массива. Маломощные торфяные почвы весной и в начале лета в силу меньшей теплоемкости и большей теплопроводности подвержены более быстрому оттаиванию. После оттаивания здесь в первую очередь восстанавливается

капиллярная связь грунтовых вод с поверхностными горизонтами, поэтому в этих частях болот активно протекает накопление преимущественно хлоридов и сульфатов в поверхностных слоях маломощных торфяных почв. Последнее связано еще и с тем, что благодаря более быстрому оттаиванию маломощных почв на периферии болотного массива грунтовые воды залегают значительно ближе к дневной поверхности.

Иная ситуация складывается в центральных частях болот, образованных мощными торфяными почвами. Поскольку такие почвы отличаются значительной теплоемкостью и небольшой теплопроводностью, в их толще длительно сохраняется мерзлота; она оттаивает и исчезает лишь в конце вегетационного периода или нередко сохраняется до наступления следующих заморозков. Возникают "перелетки". Наличие этих мерзлотных экранов исключает капиллярную связь грунтовых вод с поверхностными горизонтами. Кроме того, к моменту оттаивания мерзлоты (конец июля — август) в период летней межени и к началу дождей происходит общее понижение уровней грунтовых вод. Поскольку высота капиллярного подъема в торфяных почвах невелика, аккумуляция солей в корнеобитаемых горизонтах ослаблена или отсутствует вообще. Все эти факторы исключают (или существенно ограничивают) возможность вторичного засоления длительно-сезонно-мерзлотных почв Западной Сибири (табл. 53).

53. Влияние мощности торфяных горизонтов болотных почв на интенсивность аккумуляции водорастворимых солей в поверхностном (0...30 см) горизонте болотных массивов Каргатского, Убинского, Венгеровского районов Новосибирской области (И. И. Логинов, 1986)

Мощность торфа, см	Степень разложения торфа, %	Плотность скелета почвы, г/см ³	Содержание солей, %			Содержание солей	
			минимальное	максимальное	среднее	в первом слое (0...30 см), т/га	% к первому слою
10	44	0,38	2,4	6,6	4,8	54,7	100
20	37	0,29	1,9	5,4	3,9	33,9	62
30	33	0,25	1,6	3,3	2,7	20,0	36
40	30	0,22	1,5	2,7	2,4	16,0	29
50	25	0,21	1,4	2,4	1,7	10,7	18
60	25	0,20	1,2	2,2	1,5	9,0	16
70	20	0,18	1,2	2,0	1,5	8,1	15
80	20	0,17	0,8	1,7	1,4	7,1	13
90	20	0,18	0,7	1,7	1,3	7,0	13
100	20	0,18	0,7	1,8	1,3	7,0	13
150	20	0,17	0,8	1,8	1,4	7,1	13
200	20	0,18	0,6	1,6	1,2	6,5	12

Приведенные данные показывают, что аккумуляция водорастворимых солей резко сокращается, если мощность торфа оказывается равной 50 см, и прекращается при увеличении мощности торфа до 70 см. При большей мощности накопления солей в корнеобитаемой толще

не происходит. Эти интересные исследования И. И. Логинова объясняют не только причину появления характерного солевого периферийного ареала на болотных массивах в зонах распространения длительно-сезонной мерзлоты, но и факторы, исключаящие после осушения возникновение вторичного засоления в центральной части болот на мощных торфяных почвах. Можно предполагать, что эта закономерность, установленная для почв Барабы, справедлива для многих длительно-сезонно-мерзлотных торфяных почв южной тайги и лесостепи Западной и Восточной Сибири. При классификации по степени засоления минеральных почв этих территорий, как правило, не возникает особых затруднений. Действующие классификационные построения по характеристике степени засоления оказываются в основном достаточными и для минеральных заболоченных почв.

Вместе с тем торфяные почвы обладают существенно иными особенностями, которые необходимо учитывать при оценке их степени засоления. Они определяют известную неполноту традиционных количественных оценок. Необходимость иного подхода обусловлена различиями физических свойств и гидрологического режима минеральных и торфяных почв. Во-первых, торфяные почвы отличаются от минеральных низкой плотностью скелета (примерно в 6...7 раз). Поэтому для сопоставимой оценки солей в единице объема почвы необходимо увеличение их содержания пропорционально соотношению плотностей скелета этих почв. Во-вторых, торфяные почвы отличаются более высокой влагоем-

54. Классификация торфяных почв Барабинской низменности по степени засоления для возделывания сельскохозяйственных культур. Тип засоления хлоридно-сульфатный. Слой 0...30 см. Плотность скелета почвы 0,2 г/см³ (И. И. Логинов, 1986)

Степень засоления почв	Сумма токсических солей, %	Содержание хлора, %	Возможность использования почв в естественном состоянии
Незасоленные	≤ 3,0	≤ 0,7	Все районированные на торфяных почвах культуры не испытывают угнетения от засоления в любые по метеоусловиям годы
Засоленные	3...5	0,7...1,4	Возможно возделывание только солеустойчивых культур — донники белый, желтый, особенно зубчатый, пырей бескорневищный и корневищный
Солончаки*	> 5	> 1,4	Возделывание всех культур невозможно без предварительного рассоления почв

* Наиболее целесообразным приемом промывки длительно-сезонно-мерзлотных торфяных почв оказался способ декантации.

костью и, как правило, более высокой влажностью. Поэтому при одном и том же содержании солей на единицу массы твердой фазы в торфяных почвах растворы всегда будут отличаться меньшей концентрацией водорастворимых солей и, следовательно, меньшей токсичностью.

При оценке степени засоления торфяных почв должны быть приняты иные, более высокие концентрации солей на единицу массы, чем для минеральных почв. Такие градации должны иметь агроэкологический характер и отражать особенности роста, развития и продуктивности сельскохозяйственных культур на почвах разной степени засоления. Решение этого вопроса нашло, в частности, отражение в классификации по степени засоления хлоридно-сульфатных торфяных почв Барабы (табл. 54).

9. ЭКОЛОГО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ПОЧВЕННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДРЕНАЖА И ОЦЕНКЕ ЕГО ДЕЙСТВИЯ

Сложность мелиорации почв гумидных ландшафтов объясняется не только их приуроченностью к различным климатическим зонам (тундра и лесотундра, северная, средняя и южная тайга, зона широколиственных лесов и северная лесостепь) и разной степенью заболоченности, но и исключительным разнообразием генетических и физических свойств почвообразующих пород. Так, в пределах Нечерноземья тяжелые гидроморфные почвы встречаются на шести различных по физическим свойствам почвообразующих породах: на покровных, моренных, озерно-ледниковых, пермских, аллювиальных и морских глинах. При этом тяжелые почвы на аллювиальных глинах могут иметь такую же высокую фильтрацию, что и почвы на супесях (1...2 м/сут); на пермских глинах — среднюю фильтрацию (0,1...0,4 м/сут); на покровных и моренных породах — низкую (0,01...0,1 м/сут), а почвы на тонкослоистых ленточных озерно-ледниковых отложениях обычно обладают фильтрацией 0,001...0,005 м/сут, т. е. водоупорны по всему профилю. К этому следует добавить, что покровные, моренные, озерно-ледниковые породы могут быть кислыми (выщелоченными) или карбонатными, а заболоченные и болотные почвы — возникать под действием разных причин заболачивания.

В связи с изложенным особый интерес представляют принципиально новые подходы к проектированию дренажных систем и других мелиоративных и агромелиоративных мероприятий, получивших распространение в последние годы. Естественно, что особое внимание привлекают те аспекты общей проблемы мелиорации, которые наиболее тесно связаны со свойствами и режимом почв, т. е. непосредственного и единственного объекта мелиорации в рассматриваемом регионе.

9.1. СТЕПЕНЬ ЗАБОЛОЧЕННОСТИ ПОЧВ КАК ФАКТОР РАЦИОНАЛЬНОГО РАСЧЕТА ДРЕНАЖА

Способы определения основных параметров дренажа можно разделить в основном на две группы. Первая объединяет способы оценки

междренних расстояний главным образом по физико-механическим свойствам почв (гранулометрическому составу, набухаемости, теплоте смачивания и др.). С помощью номограмм по известному свойству почв, например по содержанию физической глины, получают значения междренних расстояний и глубины заложения дрена. Вторая группа объединяет способы определения междренних расстояний, основанные на теоретических гидромеханических расчетах по известным физическим свойствам почв, главным образом по значениям их коэффициентов фильтрации и водоотдачи или модулей дренажного стока.

Все расчетные формулы второй группы способов определения междренних расстояний имеют вид

$$E = \sqrt{K/\sigma A}, \quad (10)$$

где E — междреннее расстояние; K — коэффициент фильтрации; σ — коэффициент водоотдачи; A — числовой множитель.

При этом, однако, в расчетах используют значения водоотдачи и модулей дренажного стока, не дифференцированные по степени заболоченности почв. Такой подход определяет стандартные решения. В результате осушаемая территория с заболоченными почвами одинакового гранулометрического состава, но разной степени заболоченности покрывается систематической сетью дрена с равными или близкими междренними расстояниями.

Такой стандартный подход при осушении почв Нечерноземья, обладающих сложной структурой, очевидно, не оправдан, поскольку разные по степени заболоченности почвы обладают и разной продолжительностью избыточного увлажнения профиля.

Особенно отчетливо эти различия проявляются (и сохраняются неопределенно долго после осушения) в почвах на слабоводпроницаемых глинистых почвообразующих породах. Например, в глинистых дерново-подзолистых неоглеевых, слабоглееватых, глееватых и глеевых почвах, по наблюдениям автора и В. И. Якименко, продолжительность обводнения пахотного слоя в естественном состоянии в течение теплого периода в годы расчетной 10 %-ной обеспеченности осадками существенно различается и равна соответственно 63, 74, 108 и 122 дням (рис. 9.1).

Эти различия в годы разной влажности динамичны. В сухие периоды (в годы 75 %-ной обеспеченности) продолжительность обводнения пахотного горизонта в почвах разной степени заболоченности оказывается менее контрастной, хотя и в этом случае можно обнаружить весьма заметные различия (соответственно 42, 45, 55 и 74 дня). Эти гидрологические особенности почв разной степени заболоченности сохраняются и в дальнейшем после осушения.

Несколько иные решения могут быть получены при использовании способа определения междренних расстояний по гранулометрическому составу осушаемых почв, поскольку здесь вводится поправка на степень их оглеения. Рассмотрим в этой связи преимущества и недостатки способа определения междренних расстояний по гранулометри-

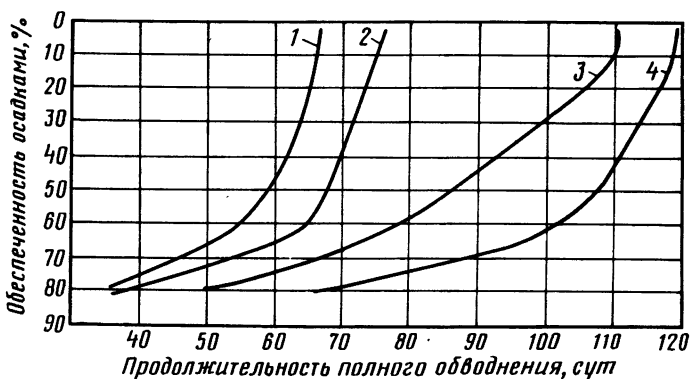


Рис. 9.1. Продолжительность полного обводнения пахотного горизонта глинистых дерново-подзолистых почв на ленточных тонкослоистых тяжелых глинах при разной обеспеченности осадками (мелиоративный почвенно-гидрологический стационар "Витка"). Почвы:

1 – неоглеенные; 2 – слабogleеватые; 3 – глееватые; 4 – глеевые

ческому составу, получившему широкое распространение в мелиоративной практике в СССР и за рубежом.

Впервые этот способ был рекомендован для практического использования в 1857 г. Инструкцией королевской прусской комиссии по Силезии, предназначенной для землемеров и дренажных техников, занимающихся составлением проектов осушения и их выполнением. Этот способ при всей своей простоте имеет не только определенные преимущества, но и существенные недостатки, которые заключаются в следующем. Он не учитывает структурного состояния и особенностей гидрологического режима почв разной степени заболоченности. Однако показано (Зайдельман, 1969, 1975), что в зависимости от степени агрегированности почвы близкого гранулометрического состава могут резко отличаться по значениям коэффициента фильтрации. Так, тяжелые глинистые агрегированные почвы (сумма частиц $< 0,01$ мм $\sim 80\%$), как было отмечено выше, могут обладать такими же значениями K_f , что и супеси (1...2 м/сут).

Вместе с тем почвы на ленточных глинах при таком же содержании физической глины обладают свойствами практического водоупора ($K_f = 0,001...0,005$ м/сут). Поэтому оценка междренних расстояний по гранулометрическому составу возможна только для почв элементарного (пески, супеси) или микроагрегатного строения (покровные, моренные, суглинки и глины), т. е. в таких почвах, где сохраняется прямая связь между фильтрацией и содержанием тонких фракций мелкозема. В почвах с выраженным макроагрегатным строением (например, на аллювиальных, пермских и иных суглинках и глинах) такой способ оценки междренних расстояний не достоверен, поэтому в них отсутствует связь между водопроницаемостью и содержанием частиц менее 0,01 мм. Следует, однако, подчеркнуть, что при определении междрен-

ных расстояний как по гранулометрическому составу, так и по известным формулам не учитываются вообще или отражаются неполно особенности гидрологии почв разной степени заболоченности. В этом отношении способ расчета междренних расстояний по гранулометрическому способу, вероятно, обладает известными преимуществами, поскольку в нем предусматривается введение незначительных поправок на степень оглеения почв (5...10...25 %).

Экспериментальные данные, содержащие обоснование таких поправок, остаются, однако, неизвестными. Поэтому любой из существующих способов определения междренних расстояний в случае дренажа почв начальных стадий заболоченности приводит к уменьшению значений этого основного параметра осушительной системы. Следствием такого недостаточно полного учета степени заболоченности при определении междренних расстояний опосредованно по гранулометрическому составу или при их расчете по формулам, основанных на значениях K_f и σ , может оказаться излишнее увеличение инвестиций на капитальное строительство, неоправданное сгущение дренажа, экологически необоснованное обезвоживание почв и ландшафта. Поэтому при расчете основных параметров дренажа в процессе проектирования необходимо установить различия гидрологии дренированных почв разной степени заболоченности.

9.1.1. Модули и объемы дренажного стока осушительных систем на почвах разной степени заболоченности

Исследования на однородных по генезису и гранулометрическому составу почвообразующих породах Нечерноземной зоны (покровных, пермских и ленточных глин) позволяют признать, что модули и объемы дренажного стока находятся в тесной взаимосвязи со степенью заболоченности почв и могут весьма существенно различаться. Полученные данные показывают, что даже в континентальных условиях Предуралья (Кировская область) с замедленным размерзанием почв в предпосевной период наблюдаются резкие различия характеристик дренажного стока на дерново-глееватых и дерново (перегнойно)-глеевых почвах. При сопоставимых параметрах дренажных систем и близких значениях K_f продолжительность стока, его объем и максимальные модули предпосевного периода на глееватых и глеевых почвах относятся как 1:3 или 1:4 (табл. 55).

Аналогичные данные получены на почвах разной степени заболоченности на других породах Нечерноземья. Таким образом, в водном балансе осушенных почв постоянно сохраняются существенные различия, определяемые их исходной степенью заболоченности. Очевидно, это явление объясняется различной водосборной площадью, которая определяет объемы поступления поверхностных и грунтовых вод на почвы разной степени заболоченности.

Несмотря на дренаж всей или части площади водосбора после осушения, в период прохождения снегового или ливневого паводка определенная часть стока поступает дополнительно в дренаж сверх осадков,

55. Основные характеристики дренажного стока осушительных систем на дерново-глееватых и дерново (перегнойно)-глеевых почвах, образованных на карбонатных пермских глинах.
Среднегодовая характеристика 5-летнего ряда наблюдений
(Массив "Ивакинские пашни", Кировская область)

Показатели	Почвы		
	дерново-глееватые	дерново (перегнойно)-глеевые	
Междренние расстояния, м	10	20	20
Продолжительность стока, сут	25	26	135
Средние модули стока, л/ (с · га)	0,17	0,14	0,13
Замеренный годовой максимальный модуль стока, л/ (с · га)	1,47	1,10	1,28
Максимальный модуль стока предпосевного периода, л/ (с · га)	0,31	0,27	0,89
Суммарный объем дренажного стока, мм	44,5	40,2	128,0
% годовой суммы осадков	7	6	20

соответствующих климатической норме данной местности. Миграцию таких дополнительных объемов гравитационной влаги в дренаж наиболее отчетливо можно проследить в почвах поверхностного заболачивания. Несомненно, при наличии ограждающей сети, в частности при устройстве нагорных каналов (или при грунтовом заболачивании — ловчих), эти различия между почвами разной степени заболоченности несколько ослабевают. Однако они не исчезают полностью, их можно проследить практически всегда. Именно поэтому целесообразные междренние расстояния зависят не только от физических свойств, но и от гидрологического режима, определяющего степень заболоченности почв.

9.1.2. Влияние степени заболоченности почв на междренние расстояния

Взаимосвязь междренных расстояний и степени заболоченности почв впервые была показана в Эстонии работами Э. А. Соовика и Р. К. Панта. Э. А. Соовик установил тесную корреляцию между модулем среднегодового и вегетационного дренажного стока и степенью заболоченности почв. Эта зависимость является региональной. Она определяется гранулометрическим составом почв, их водопроницаемостью и степенью интенсивности осушения. В дальнейшем такой подход к расчету междренных расстояний с учетом степени заболоченности почв прошел длительную производственную проверку. В 1971 г. в прак-

тику проектных работ Эстмелиопроекта Р. К. Пантом были введены поправочные коэффициенты к годовой норме стока для почв разной степени заболоченности. Схематически для типичного ряда почв – торфянисто-глеевые, глеевые, сильноглееватые, слабоглееватые, с признаками оглеения – они составили соответственно 1, 0,8, 0,6, 0,4, 0,3. Поэтому для гидравлических расчетов принимались годовые нормы стока, равные 1, 0,8, 0,6, 0,4, 0,3 л/(с · га).

Выбор модуля стока, соответствующего степени заболоченности осушаемой почвы, позволяет затем рассчитать междренные расстояния, адекватные гидрологическому режиму почв определенного уровня гидроморфизма.

Позднее Э. А. Соовик (1985, 1987) установил эмпирические зависимости между коэффициентом фильтрации почв, степенью их заболоченности, глубиной дренажных линий, характером сельскохозяйственного использования осушаемой территории и междренными расстояниями. На этой основе автором были построены несложные графические зависимости (рис. 9.2), которые получили широкое практическое приме-

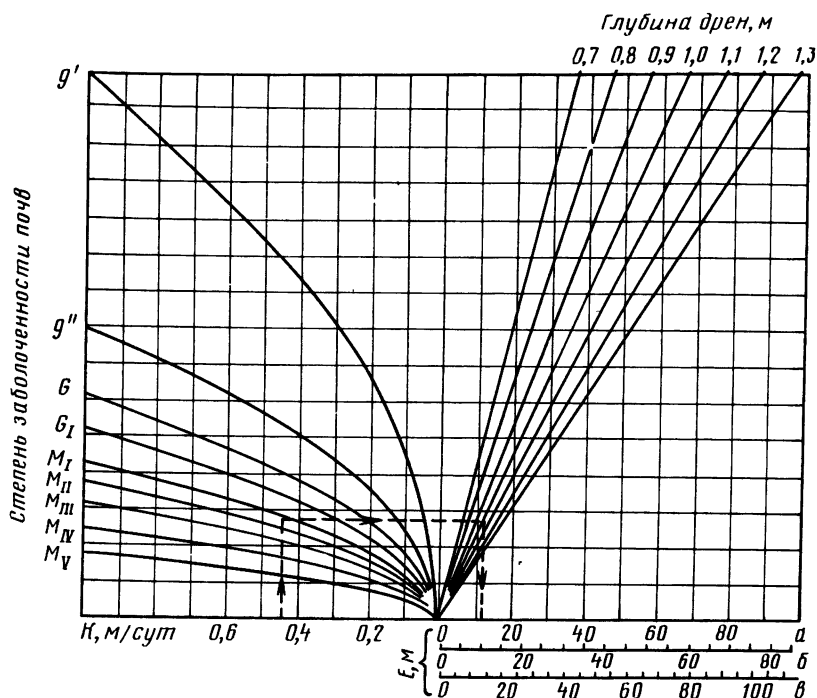


Рис. 9.2. Определение междренных расстояний по методу Соовика с учетом коэффициента фильтрации и степени заболоченности почв; сельскохозяйственное использование почв:

a — в саду; *б* — на пашне и культурном пастбище; *в* — на культурном пастбище в неблагоприятных условиях

нение при мелиоративном проектировании в Эстонии. Следует отметить, что, хотя эти номограммы и региональны по диапазону применения, принципы и методика их построения, несомненно, имеют общее значение. В них с наибольшей полнотой концентрируется информация об естественных и хозяйственных факторах, определяющих важнейшие параметры дренажа.

Соовик предложил для расчета междренних расстояний дифференцировать почвы на пять групп по степени их заболоченности. Минеральные почвы автор подразделяет на почвы с признаками оглеения (g'), слабogleеватые (g''), глееватые (g'''), глеевые (G), заторфованные глеевые (G_1). Торфяные почвы в зависимости от степени обводнения и причин заболачивания автор делит также на пять групп с интервалом $M_1 \dots M_5$. Экспериментальные данные позволили установить, что в наиболее часто встречающихся группах минеральных почв разной степени заболоченности G , g'' и g' междренние расстояния относятся между собой как 1:1,25:2,4.

Отметим также, что Соовик, во-первых, обосновал возможность резкого увеличения междренних расстояний на слабogleеватых почвах. Его рекомендации практически сводятся к предложению предусматривать на слабogleеватых почвах разреженный дренаж, что, несомненно, в ряде случаев может оказаться оправданным. Во-вторых, автор отказался от опосредованной оценки коэффициента фильтрации почв при расчете междренних расстояний по их гранулометрическому составу. Автор вводит в расчетную номограмму (см. рис. 9.2) прямые характеристики фильтрации и степени заболоченности почв. Актуальное значение такого подхода при расчете дренажных систем и систем двустороннего действия в последние годы подтверждают и исследования У. Х. Томберга (1987). Таким образом, показатель степени заболоченности (коэффициент заболоченности) становится не только важным экологическим, но и расчетным мелиоративным параметром, отражающим гидрологические особенности дренируемых почв.

9.2. БЕСТРАНШЕЙНЫЙ ПЛАСТМАССОВЫЙ ДРЕНАЖ

Бестраншейный пластмассовый дренаж получил широкое распространение при осушении заболоченных почв гумидных ландшафтов сравнительно недавно. Анализ его эффективности пока затруднен из-за отсутствия необходимых данных. Целесообразны систематизация сведений, отражающих преимущества и недостатки этого нового вида дренажа, и анализ почвенно-мелиоративных условий, в которых он действует.

Несомненное преимущество бестраншейного дренажа по сравнению с траншейным — значительно более высокая (в 3...5 раз) производительность и полное исключение ручного труда. Кроме того, при его строительстве не происходит погребения столь значительных масс органического вещества пахотных горизонтов почв, как при строительстве траншейного. В последнем случае, особенно на сильногумусированных почвах, в траншее поступает в несколько раз больше органического вещества, чем в дренажные щели бестраншейного пластмассового.

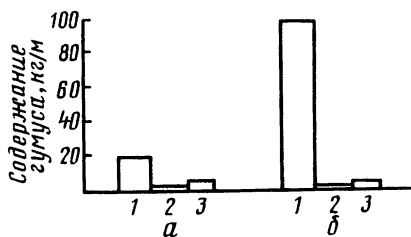


Рис. 9.3. Содержание гумуса в слое 50...100 см/м дренажной траншеи и щели при устройстве траншейного керамического (1) и бестраншейного пластмассового (3) дренажа по сравнению с контролем; 2 – запас гумуса в междренье в слое 50...100 см (мелиоративный почвенно-гидрологический стационар "Кирино"). Почвы:

а – дерново-глеевые; б – перегнойно-глеевые глинистые

По наблюдениям А. С. Целинко и автора, в Предуралье на карбонатных пермских глинах в слое 50...100 см обратной дренажной засыпки гончарного и пластикового дренажа содержание погребенного гумуса составило соответственно в перегнойно-глеевых почвах 100 и 3...5, а в дерново-глеевых почвах – 20 и 3...5 кг/м траншеи и щели. Таким образом, строительство керамического дренажа вызывает захоронение органического вещества на слабозаболоченных почвах в 4...6, а в сильнозаболоченных и высокогумусных почвах в 20...30 раз больше, чем при устройстве бестраншейного пластмассового дренажа (рис. 9.3).

При строительстве бестраншейного пластмассового дренажа не нарушается сложение естественных генетических горизонтов. В результате в пахотный горизонт осушаемых почв не вносятся значительные массы малоплодородной глубоколежащей материнской породы или глеевых слоев. Поэтому после завершения строительства необходимо выполнение мероприятий по восстановлению и повышению плодородия почв в той мере, в какой это обычно требуется на массивах, осушаемых траншейным дренажем.

Пластмассовый бестраншейный дренаж отличается и тем, что благодаря сплошной перфорации труб его водоприемная способность нередко оказывается большей, чем керамических дрен, в которые вода поступает через редкие стыки.

Вместе с тем преимущества бестраншейного дренажа в определенных условиях оказываются и причиной его недостатков. Наиболее отчетливо они проявляются при осушении малогумусных и плохо водопроницаемых тяжелых почв Нечерноземья. Так, из-за незначительного содержания гумуса обратная засыпка дренажной щели обладает невысокой водопроницаемостью, а в некоторых случаях (например, в почвах не ленточных глинах) приобретает свойства водоупора (Зайдельман, Резников, Вашкова, 1987). Поэтому на малогумусных плохо фильтрующих почвах при строительстве бестраншейного дренажа возникает необходимость усиления гидравлической связи верхних горизонтов профиля почв с дренажными линиями с помощью хорошо проницаемых стабильных щелевых фильтров. Последние образуют путем непрерывного заполнения дренажной щели в ходе строительства гравием, щебнем, керамзитом и другими хорошо водопроницаемыми материалами. Применение таких фильтров обычно целесообразно в тяжелых малогумусных и плохо агрегированных почвах с K_{ϕ} иллювиальных горизонтов $\leq$

$\leq 0,1...0,05$ м/сут. Примерно такие же значения величины K_{ϕ} ($\leq 0,1$ м/сут) приняты в качестве рубежных при осушении почв бестраншейным пластмассовым дренажем в ФРГ.

Вместе с тем на гумусированных почвах (условно содержание гумуса $> 4\%$) может оказаться несомненно целесообразным и экономически оправданным при таких коэффициентах фильтрации ($< 0,05$ м/сут) заполнение дренажной щели мелкоземом пахотного горизонта. Кроме того, использование мелкозема поверхностных слоев в качестве обратной засыпки может быть оправданным мероприятием, если объектом осушения служат почвы на двучленных отложениях при подстилании песчаных или супесчаных горизонтов разной мощности тяжелыми ленточными, моренными, пермскими и другими породами.

По данным почвенно-мелиоративного районирования (Зайдельман, Чумичева, 1984), почвы с таким литологическим строением только в Нечерноземной зоне европейской части РСФСР занимают около 25 % сельскохозяйственных угодий. В этих условиях обрушение поверхностных легких горизонтов, как показывают полевые наблюдения, обычно происходит само по себе в процессе укладки бестраншейного пластмассового дренажа. Этот спонтанный процесс, однако, может быть существенно усилен с помощью несложных автоматических присыпателей. В результате возникают естественные дренажные щелевые фильтры из местного материала, обеспечивающие устойчивую гидравлическую связь поверхностных горизонтов с дренаем.

При анализе современного состояния мелиоративного строительства обращает внимание то обстоятельство, что в Нечерноземной зоне внедрение в практику бестраншейного и узкотраншейного пластмассового дренажа осуществляется весьма постепенно, тогда как за рубежом именно эти способы дренажа оказываются распространенными или основными. По данным Р. Эггельсмана (1983), в последние годы бестраншейный дренаж получил широкое распространение во многих странах Центральной и Западной Европы главным образом при осушении минеральных заболоченных почв. Так, в ФРГ он применяется на 90...95 % площади земель, подлежащих осушению. Одновременно он широко используется при осушении заболоченных почв во Франции, Чехословакии, Бельгии, Голландии и других странах с развитой традиционной системой мелиоративных мероприятий. В этой связи следует подчеркнуть, что дренаж вообще и особенно бестраншейный пластмассовый оказывает эффективное влияние на водный режим почв в случае выполнения ряда обязательных дополнительных мероприятий при его строительстве и эксплуатации. Состав последних определяется генезисом, степенью заболоченности и гранулометрией почв и почвообразующих пород. Так, дренаж следует укладывать в сухие почвы. Поэтому на сильнозаболоченных почвах предусматривают предварительное осушение массива открытой сетью.

Одновременно с дренажем на осушаемой площади выполняют работы по устройству поглощающих колодцев (шлюкеров), по раскрытию западин путем устройства ложбин и усилению гидравлической взаимосвязи поверхностных горизонтов профиля почв с дренами с по-

мощью траншейных или щелевых стабильных фильтров. Наконец, важнейшее значение для эффективного действия осушительной системы в суглинистых и глинистых почвах приобретают агромелиоративные мероприятия по организации и ускорению поверхностного и внутрипочвенного стоков. Таковы основные обязательные условия применения бестраншейного пластмассового дренажа, значение которых существенно возрастает в тех случаях, когда его строительство ведется на почвах с невысокой водопроницаемостью.

Недостаточная реализация необходимого комплекса обязательных сопутствующих мероприятий служит в настоящее время основной причиной торможения широкого применения этого вида дренажа в Нечерноземной зоне. Изложенное в значительной мере справедливо и для траншейного керамического дренажа, когда его строят на слабоводопроницаемых и малогумусных почвах. В этом случае задача усиления гидравлической связи пахотного горизонта с линиями труб также сохраняет свою актуальность.

Применение сопутствующих дренажу гидротехнических и агромелиоративных мероприятий должно быть увязано с генетическими и мелиоративными условиями. В этой связи следует отметить, что наиболее дискуссионным в последние годы оказался вопрос о целесообразности осушения почв средней водопроницаемости ($K_{\text{ф}} = 0,1 \dots 0,3$ м/сут) бестраншейным пластмассовым дренажем и необходимости усиления связи пахотного горизонта и дренажных труб с помощью щелевых фильтров из стабильных (гравий, щебень, керамзит, шлак и др.) материалов. Применение последних существенно повысит стоимость дренажа и понизит рентабельность осушительных систем. В этой связи совместно с В. А. Замыщким были выполнены сравнительные исследования действия бестраншейного и траншейного дренажа на глеевых карбонатных почвах, приуроченных к пермским глинам. Их $K_{\text{ф}}$ в толще подпахотных горизонтов, определенный по восстановлению уровня воды в скважине, был равен $0,1 \dots 0,35$ м/сут.

Полученные данные показывают (табл. 56), что бестраншейный пластмассовый и траншейный керамический дренаж существенно не отличаются по значениям общего объема стока, средними и максимальными модулями стока. Можно лишь отметить некоторое увеличение слоя и модулей стока на системах пластмассового дренажа, приуроченных к сильнозаболоченным перегнойно-глеевым почвам. В этих данных обращает внимание еще и то, что максимальные модули стока и его объемы были получены на системах бестраншейного пластмассового дренажа, построенных без применения стабильных щелевых фильтров, при этом в траншеях керамического дренажа на перегнойно-глеевых почвах содержание гумуса было в 20...30 раз выше, чем в мелкоземел щелей пластмассовых дренажей. Это позволяет признать, что при таких значениях $K_{\text{ф}}$ системы бестраншейного дренажа могут функционировать так же эффективно, как и системы керамического дренажа с аналогичными параметрами (в рассматриваемом случае $E = 12$ и 14 м соответственно на глеевых и глееватых почвах). Более поздние наблюдения

56. Основные параметры дренажного стока на системах керамического и пластмассового дренажа на дерново-глеевых почвах, образованных на пермских карбонатных глинах (мелиоративный почвенно-гидрологический стационар "Кирино", Кировская область)*

Дренажный сток	Почвы на карбонатных породах	
	дерново-глееватые	перегнойно-глеевые
Общий объем, мм за годы:		
1983–1985	297 / ₂₉₃	395 / ₄₅₀
1984–1985	196 / ₁₉₄	235 / ₂₉₅
Модули стока, л/(с · га):		
средние	0,13 / _{0,13}	0,23 / _{0,36}
максимальные	0,92 / _{0,78}	1,38 / _{4,44}

* В числителе – керамический дренаж, в знаменателе – пластмассовый.

(1987...1989 гг.) также не обнаружили значимых различий гидрологического режима этих двух видов дренажа.

При оценке работы пластмассового и керамического дренажа особый интерес представляют данные об изменении плотности сложения мелкозема в траншейной засыпке гончарного дренажа, в щели и в стенках щели пластмассового дренажа после его укладки при влажности, близкой к ППВ, бестраншейным дреноукладчиком.

Некоторое увеличение (на 0,04...0,1 г/см³) плотности сложения контактного слоя дренажной щели в дерново-глееватых почвах не оказало, однако, заметного влияния на общий объем дренажного стока и другие гидрологические параметры. Такое уплотнение тонких зон на поверхности стенок щелей при необходимости может быть легко устранено кротованием или рыхлением.

Вместе с тем траншейная засыпка, щели и стенки щели на перегнойно-глеевых почвах обладали значительно более низкими (на 0,23...0,26 г/см³) значениями плотности сложения (табл. 57). Это объясняется рядом причин. Во-первых, почвы на пермских глинах при влажности, близкой к ППВ, обладают способностью к активному крошению. Во-вторых, мелкозем траншейной засыпки и дренажной щели обогащен гумусом, который способствует повышению K_{ϕ} . В-третьих, почвы на пермских глинах при прохождении рабочего органа бестраншейного дреноукладчика подвергаются интенсивному рыхлению. В этом случае эффект рыхления затронул, по крайней мере, метровую толщу горизонтов профиля перегнойно-глеевых почв.

Нельзя, однако, исключить то обстоятельство, что при влажности более ППВ при работе бестраншейного дреноукладчика эффект рыхления сохранится лишь в верхних горизонтах профиля или (при интенсивном обводнении) не проявится вообще. Поэтому предварительное осу-

57. Плотность сложения мелкозема траншейных засыпок, щелей и их стенок при осушении дерново-глеевых почв на пермских карбонатных глинах гончарным и пластмассовым дренажем, г/см³ (мелиоративный почвенно-гидрологический стационар "Кирино", Кировская область)

Глубина, см	Почвы на карбонатных породах							
	дерново-глееватые				перегнойно-глеевые			
	конт- роль	тран- шейная засыпка	щель	стенка	конт- роль	тран- шейная засыпка	щель	стенка
20...40	1,49	1,36	1,36	1,49	1,54	1,24	0,68	1,28
40...60	1,47	1,41	1,33	1,51	1,44	1,51	1,24	1,21
60...80	1,35	1,38	1,42	1,45	1,38	0,61	1,30	1,16
80...100	1,42	1,28	1,37	1,46	1,44	1,13	1,28	1,21

шение сильнозаболоченных почв следует рассматривать как необходимое мероприятие, обеспечивающее нормальный приток воды через стенки щели бестраншейного дренажа.

Поскольку на заболоченных почвах этой территории с $K_f = 0,1...0,3$ м/сут под влиянием траншейного и бестраншейного дренажа формируются близкие гидрологические условия, урожай сельскохозяйственных культур на этих вариантах опытных участков значимо не различался (табл. 58).

В последние годы исследования, выполненные в другом регионе Нечерноземной зоны, на Дальнем Востоке, также позволяют признать, что при осушении тяжелых почв с $K_f = 0,1...0,3$ м/сут бестраншейный пластмассовый дренаж дает такой же эффект по интенсивности сброса гравитационной влаги, что и керамический траншейный дренаж (Степанов, Панасюк, Рыжаков, 1986). Такие данные были получены при изучении действия бестраншейного пластмассового дренажа на дерново-луговых оглеенных глинистых почвах молодых надпойменных террас крупных рек Дальнего Востока. Их замечательная особенность заключается в том, что иллювиальный горизонт таких почв, несмотря на глинистый состав, обладает средней водопроницаемостью (0,15...0,40 м/сут) и хорошей агрегированностью. Ему свойственна относительно водопрочная творожисто-зернистая структура.

Таким образом, пластмассовые дрены в этих почвах, уложенные бестраншейным дренаукладчиком, оказываются в хорошо проницаемом горизонте. Ниже этого оструктуренного слоя находится однородный и плотный водоупорный глеевый горизонт. Залегая на глубине 1,0...1,1 м, дрены функционируют как совершенные. Для четырех вариантов дренажа (траншейный, узкотраншейный, бестраншейный пластмассовый с защитно-фильтрующими материалами и без них) получены практически близкие гидрологические характеристики (рис. 9.4). Благодаря оструктуренности иллювиальных горизонтов в этих условиях оказалось целесообразным применение защитно-фильтрующих материалов. Острук-

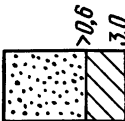
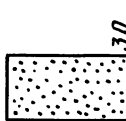
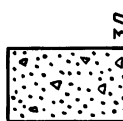
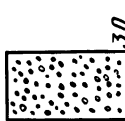
58. Урожайность некоторых культур на тяжелых дерново-глеевых карбонатных почвах на пермских глинах, осушенных траншейным керамическим и бестраншейным пластмассовым дренажем, т/га (мелиоративный почвенно-гидрологический стационар "Кирино", Кировская область, 2...3-й год последствия)

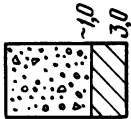
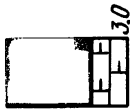
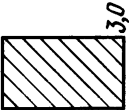
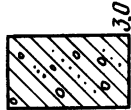
Культура, год	Дерновые глееватые почвы				Перегнойно-глеяые почвы			
	гончарный дренаж		пластмассовый дренаж		гончарный дренаж		пластмассовый дренаж	
	без рыхления	рыхление*	без рыхления	рыхление	без рыхления	рыхление	без рыхления	рыхление
Ячмень, ** 1985	1,42±0,32	1,79±0,37	1,75±0,44	2,21±0,56	Не определяли			
Озимая пше- ница, 1985		Не определяли			3,75±0,56	3,45±0,50	3,15±0,44	3,07±0,29
Травы (зеле- ная масса), 1984	26,6±1,8	—	27,2±4,0	—	17,9±6,4	—	20,0±2,9	—

* Глубокое мелиоративное рыхление по полосам через 4 м рыхлителем РК-1,2 на глубину 70...80 см.

** При вероятности 0,95 различия не значимы по ~~вс~~м вариантам опыта.

59. Применение бестрашнейного пластмассового дренажа (БПД) в Нечерноземной зоне СССР в зависимости от почвенно-мелиоративных условий (строительство БПД после предварительного осушения незаболоченных почв; подсушки кротовинами; раскритыя западин ложбинами. Эксплуатация БПД на суглинистых и глинистых почвах при выполнении агро-мелиоративных мероприятий по организации и ускорению поверхностного стока, применении шлюкеров, щелевых стабильных фильтров; профилактике и борьбе с закупоркой дренажа оксидом железа)

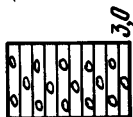
Почвообразующие породы		Факторы, осложняющие строительство и эксплуатацию	Дополнительные мероприятия по укладке дренажа	Пригодность почвенно-мелиоративного района для БПД	Необходимость глубокого мелиоративного рыхления (ГМР)
генезис и состав	литологическая колонка				
1. Территории, пригодные для применения БПД без дополнительных мероприятий, $K_{\Phi}^* \geq 0,3 \text{ м/сут}$					
1.1.1. Мощный и среднemocный двучлен (песок, супесь $> 0,6 \text{ м}$ на моренных, ленточных, пермских и других суглинках и глинах)		Нет	Не требуются	Пригоден	Не требуются
1.1.2. Пески, супеси флювиогляциальные (вне ареала юрских пород)		Локальные выходы ожелезненных вод	Не требуются	Пригоден, локальные участки с ожелезненными водами исключаются из осушения БПД (при $\text{Fe}^{2+} \geq 8 \text{ мг/л}$)	То же
1.1.3. Пески, супеси моренные некаменистые и слабокаменистые (валунов диаметром $< 30 \text{ см}$ в слое $1 \text{ м} < 50 \text{ м}^3/\text{га}$)		Единичные валуны	Извлечение единичных валунов	Пригоден	"
1.4. Современный глинистый агрегированный аллювий (вне зоны влияния ожелезненных грунтовых вод)		Локальные выходы ожелезненных вод	Не требуются	Пригоден, локальные участки с ожелезненными водами исключаются из осушения БПД (при Fe^{2+} более 8 мг/л)	"

Почвообразующие породы		Факторы, осложняющие строительство и эксплуатацию	Дополнительные строительные мероприятия по укладке дренажа	Пригодность почвенно-мелиоративного района для БПД	Необходимость глубокого мелиоративного рыхления (ГМР)
генезис и состав	литологическая колонка				
2. Территории, пригодные для применения БПД в сочетании с выборочным глубоким рыхлением, $K_{\Phi} = 0,3...0,1$ м/сут					
2.1. Древнеаллювиальные глинистые структурные отложения		Нет	Не требуются	Пригоден	Только лугово-бурых оподзоленных почв с K_{Φ} иллювиальных горизонтов 0,1...0,2 м/сут
2.2. Суглинисто-глинистый элюводелювий карбонатных пермских пород		"	То же	"	Глееватых и глеевых почв. Нецелесообразно рыхление дерново-глееватых оподзоленных
2.3. Покровные (лессовидные) легкие суглинки		"	"	"	Глубокое рыхление всех заболоченных почв
2.4. Моренные некаменистые и слабокаменистые легкие суглинки с прослоями супеси. Валунов диаметром < 30 см в слое $1\text{ м} < 50\text{ м}^3/\text{га}$		Единичные валуны	Извлечение единичных валунов	"	То же

Почвообразующие породы		Факторы, осложняющие строительство и эксплуатацию	Дополнительные мероприятия по укладке дренажа	Пригодность почвенно-мелиоративного района для БПД	Необходимость глубокого мелиоративного рытья (ГМР)
генезис и состав	литологическая колонка				
2.5. Маломощный двучлен (песок; супесь до 0,6 м на моренных, ленточных, пермских и других супесках и глинах)		Единичные валуны в моренных отложениях	То же	"	Необходимо при мощности песка, супеси < 0,4 м
3. Территории, пригодные для применения БПД с минимальными расстояниями и сплошным глубоким рытлением, $K_{\phi} = 0,1 \dots 0,05$ м/сут (щелевые фильтры на глеевых почвах)					
3.1. Покровные лёссовидные средние и тяжелые супески		Нет	Не требуются	Пригоден	Необходимо для всех заболоченных почв
3.2. Моренные некаменистые и слабокаменистые легкие и средние супески (валуны диаметром < 30 см в слое 1 м < 50 м³/га)		Единичные валуны в моренных отложениях	Извлечение единичных валунов	"	То же
4. Территории, пригодные для применения БПД с использованием щелевых фильтров и сплошного глубокого рытления, $K_{\phi} \leq 0,05$ м/сут					
4.1. Покровные лёссовидные глины		Нет	Не требуются	Пригоден	Необходимо для всех заболоченных почв

Почвообразующие породы		Факторы, осложняющие строительство и эксплуатацию	Дополнительные строительные мероприятия по укладке дренажа	Пригодность почвенно-мелиоративного района для БПД	Необходимость глубокого мелиоративного рыхления (ГМР)
генезис и состав	литологическая колонка				

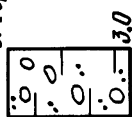
4.2. Моренные некаменистые и слабокаменистые глыбы и глины (валуны диаметром < 30 см в слое 1 м менее $50 \text{ м}^3/\text{га}$)



То же

5. Территории со сложными условиями для применения БПД

5.1. Моренные среднекаменистые породы различного состава (валунов в слое 1 м $50...100 \text{ м}^3/\text{га}$)



Необходимо для су-глинистых и глини-стых почв

Извлечение валунов, траншейных фильтров на глеевых почвах

Ограниченно пригоден

6. Территории проблематичного применения БПД с использованием щелевых фильтров с выборочным глубоким рыхлением,

$$K_{\phi} \leq 0,05 \text{ м/сут}$$

6.1. Озерно-ледниковые ленточные глины (бескарбонатные)



Локально слабожелезистая верховодка, преимущественно на глеевых почвах

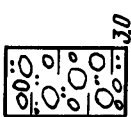
Защита дренажа от заохривания, применение щелевых фильтров на глеевых почвах

Пригоден при отсутствии железистой верховодки при условии эксплуатационных промывок

Возможно для глее-рых почв

7. Территории, не пригодные для применения БПД

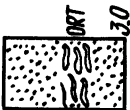
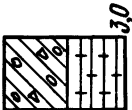
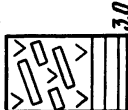
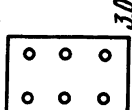
7.1. Моренные сильнокаменистые отложения различного состава (валунов в слое 1 м $> 100 \text{ м}^3/\text{га}$)



Извлечение валунов, подготовка трасс дренажных фильтров (ПК-1,2)

Не пригоден

Не требуется

Почвообразующие породы		Факторы, осложняющие строительство и эксплуатацию	Дополнительные строительно-мелиоративные мероприятия по укладке дренажа	Пригодность почвенно-мелиоративного района для БПД	Необходимость глубокого мелиоративного рыхления (ГМР)
генезис и состав	литологическая колонка				
7.2. Преимущественно легкие породы различного генезиса в ареалах распространения сильноожеженных грунтовых вод 7.3. Двучлен с близким залеганием плиты плотных метаморфизированных и изверженных пород	 	Сильное ожелезнение грунтовых вод ($Fe^{2+} > 8$ мг/л) Близкое залегание плиты	Не пригоден Взрывные работы	Не пригоден То же	Требуется для разрушения горизонтов, сцементированных оксидом железа Как правило, невозможно
7.4. Торфяные почвы с погребенной неразложившейся древесинной (стволы хвойных деревьев, коблы)		Высокое содержание плотной неразложившейся древесины	Извлечение погребенной древесины	"	Не требуется на всех торфяных почвах
7.5. Сапропели различного состава		Усадка толщи сапропеля; деформации дренажных линий; низкая водоотдача; заиливание перфорации	Не разработаны	"	Не требуется

* K_{Φ} – коэффициент фильтрации на глубинах 30...40 и 60...70 см. Если почвы, относящиеся по генезису и составу пород ко второй и третьей группам, имеют K_{Φ} соответственно $< 0,3 \dots 0,1$ и $0,1 \dots 0,05$ м/сут, то при осушении почв второй группы применяют дренаж с минимальными расстояниями и глубокое рыхление; при осушении почв третьей группы – щелевые фильтры и рыхление.

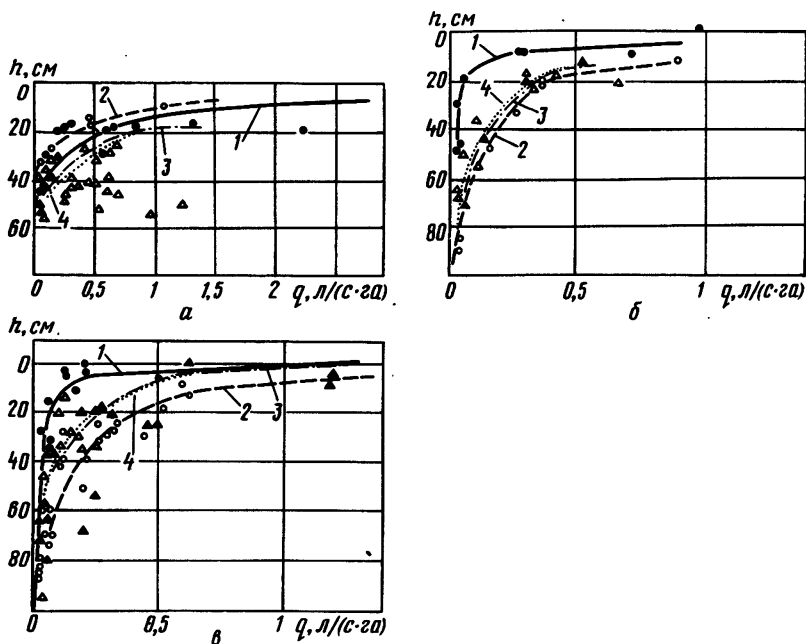


Рис. 9.4. Зависимость модуля дренажного стока от уровня почвенных вод на системах (по А. Н. Степанову), с. Волочаевка Хабаровского края:

a – 1983 г.; *б* – 1984 г.; *в* – 1985 г.; 1 – траншейного дренажа; 2 – узкотраншейного дренажа; 3 – бестраншейного пластмассового дренажа с защитно-фильтрующими материалами (ЗФМ); 4 – бестраншейного пластмассового дренажа без ЗФМ (ДальОМС)

туренность почв препятствовала суффозии свода дрен и проникновению частиц мелкозема в незащищенные фильтром дренажные пластмассовые трубы.

Рассмотренные данные позволяют признать в целом наличие тесной генетической связи между почвенным покровом объекта мелиорации, целесообразностью применения бестраншейного пластмассового дренажа и его конструкцией. Учитывая изложенные сведения, отечественный и зарубежный опыт, особенности физических свойств почв, их изменения под влиянием дренажа и агромелиоративных мероприятий, можно предложить следующую уточненную схему применения бестраншейного пластмассового дренажа в типичных почвенно-мелиоративных условиях, свойственных основным ландшафтам Нечерноземной зоны СССР (табл. 59).

9.3. ГЛУБИНА ЗАЛОЖЕНИЯ ДРЕН ПРИ ОСУШЕНИИ ЗАБОЛОЧЕННЫХ И БОЛОТНЫХ ПОЧВ

Остановимся еще на одном актуальном и дискуссионном вопросе, связанном с выбором оптимальных глубин заложения дренажа. В этом

случае как и при анализе других мелиоративных вопросов наиболее рациональным оказывается подход, основанный на почвенно-генетическом и экологическом анализе природных и мелиоративных ситуаций.

9.3.1. Глубокое осушение низинных торфяных почв юга таежной зоны европейской территории СССР

Начало интенсивного развития мелиораций в СССР в конце 50-х — начале 60-х годов совпало с внедрением в практику так называемого *способа глубокого осушения* низинных болотных почв. Первоначально глубокое понижение уровня грунтовых вод было предложено А. Д. Брудастовым как один из элементов гидротехнического комплекса (наряду с регулируемым шлюзованием и орошением) при мелиорации в 1930 — 1940-х гг. болотных почв пойм рек Кудьмы и Неруссы. Впоследствии, однако, от шлюзования при глубоком осушении болот полностью отказались, а целесообразность орошения осушенных торфяников признавалась лишь для трав. Было признано, что понижение уровня грунтовых вод с помощью глубоких (3...5 м) каналов, вызывающее отрыв капиллярной каймы от основания торфяной залежи, обеспечивает мелиорацию почв на большую глубину, сжатые сроки полевых работ, способствует минерализации торфяников и накоплению зольных элементов. (Аверьянов, Юневич, Игнатьева, 1959). Под глубоким осушением понимали нормированное (на 1,2...1,8 м) и устойчивое понижение уровня грунтовых вод, достигаемое обычно устройством сети каналов глубиной 3...5 м в условиях, когда мощные торфы залегают на хорошо водопроницаемом песчаном водоносном горизонте.

Учитывая малую мощность капиллярной каймы в торфе, сторонники осушения глубокими каналами считали необходимым создать промывной водный режим в толще торфяной почвы мощностью не менее 1...1,5 м. Было высказано мнение о том, что глубокое самотечное осушение торфяных почв, залегающих на водоносной песчаной толще, создает наиболее благоприятные условия для роста и развития растений, механизации сельскохозяйственных работ при минимальных вложениях в мелиоративное строительство.

Вместе с тем уже в те годы в отечественной и зарубежной литературе были накоплены данные, показывающие генетическое несоответствие этого способа осушения торфяным почвам южнотаежной подзоны. Это несоответствие обусловлено тем, что глубокое осушение низинных болот вызывает резкую интенсификацию процесса биохимического разложения торфа и его необратимую коагуляцию. При этом оптимум микробиологической активности смещается к наиболее влажным почвенным горизонтам на глубину 60...80 см. Продукты разложения торфа, в частности нитраты, не перехватываются корнями растений и поступают в грунтовый поток.

Если одновременно с глубоким осушением применять дождевание,

то смещение микробиологического оптимума к поверхности лишь усиливает скорость разложения органического вещества. В обстоятельной работе Б. Такке (1930), обобщившей опыт культуры болот в Германии, было показано, что при осушении "...должна быть соблюдена большая осторожность, чтобы не слишком сильно осушить почву. Этого требуют... коллоидальные свойства болотных почв и большая сила, с которой вода удерживается ими. Самое благоприятное состояние влажности для развития растений на болотной почве лежит сравнительно недалеко от точки полного насыщения, хотя свойства почвы, именно степень разложения и проницаемость почвы для воды и воздуха, а также вид возделываемого растения обуславливают отклонения".

Аргументом, подчеркивающим непригодность способа глубокого осушения для низинных болот, являются результаты его применения. Так, в результате разрушения шлюзов на р. Кудьма во время войны на осушенных болотных массивах резко понизился уровень грунтовых вод. По наблюдениям Горьковской экспедиции Росгипроводхоза, мощность торфа в пойме р. Кудьмы за 17 лет сократилась с 1,5...2 м до 30...60 см (после осушения). Если принять естественную осадку торфа за 20 %, то слой торфяной почвы за это время в результате минерализации и выноса продуктов разложения в атмосферу и грунтовый поток уменьшились на 90...120 см. Такое быстрое разложение торфа обусловлено как глубоким осушением, так и всегда сопровождающими этот способ ветровой эрозией, поверхностными и глубинными пожарами.

Следует отметить и то, что неблагоприятное следствие глубокого осушения — коагуляция массы органических коллоидов, вызванная длительным и интенсивным иссушением почв. Процесс этот часто необратим. В результате переосушки торфяная почва утрачивает способность к смачиванию водой и превращается в субстрат, малопригодный для развития растений. Такая потеря плодородия торфяных почв при глубоком осушении наблюдалась в Германии и Польше, где по этой причине отказались от применения глубокого осушения торфяников (Скрынникова, 1957).

Вместе с тем высокая эффективность обычного (т. е. неглубокого) осушения торфяных почв достаточно убедительно была показана ранее в экспериментах с сельскохозяйственными культурами. Так, Б. Такке (1930) в упомянутой ранее работе в условиях полевого опыта установил следующую зависимость урожайности озимой ржи, овса и картофеля от уровня грунтовых вод. Аналогичные данные были получены А. В. Ивицким (1958) в условиях Белоруссии на вновь освоенных торфяных почвах.

В известной мере увлечение глубоким осушением обусловлено тем, что в первые годы оно позволяет получить высокие прибавки урожая культур, которые затем быстро уменьшаются. Так, по данным Н. Ф. Лебедевич (1954), в первый год эксплуатации (1946) на участке глубокого осушения была получена значительная прибавка урожая картофеля по сравнению с участком обычного осушения — 46 %. Однако затем в сухие и средние годы эта прибавка резко сократилась и за период 1947...1949 гг. на глубоком осушении по сравнению с

контролем составила соответственно 32,11 и 9 %. В дальнейшем в сухой 1952 г. урожайность картофеля на участке глубокого осушения оказалась ниже, чем на массиве с нормальным осушением. Данные этого автора по сахарной свекле за пятилетний период (1946...1950) показывают тенденцию падения урожайности на массивах с глубоким осушением. В первый год прибавка на участке глубокого осушения составила 32 %, а в последующие — соответственно 14, 17, 12 и 5 %.

Тенденция к снижению урожайности в условиях глубокого осушения, очевидно, объясняется следующим. Во-первых, глубоко осушенные торфяники находятся в условиях промывного водного режима, когда гравитационная вода из верхних горизонтов быстро поступает в глубь почвогрунтовой толщи. Она просыхает на значительную глубину, а так как влажность завядания растений на торфяных почвах весьма высокая (Зайдельман, Виноградов, 1960), то в отдельные периоды вегетации растения страдают от резко выраженного недостатка влаги. В первые годы после осушения, когда в торфяной толще еще имеется значительный запас доступной влаги, для роста и развития растений сохраняются удовлетворительные условия. С каждым годом запас влаги в торфяной почве уменьшается, и, наконец, наступает период стихийного, зависящего лишь от погодных условий водного режима на осушенном болоте.

Во-вторых, снижение плодородия обусловлено деградацией торфяных почв вследствие интенсивного пересыхания торфяной толщи при глубоком осушении. Сохранение торфа, а также резкое снижение темпов его разложения возможны не при глубоком осушении, а на фоне постоянного поддержания водного режима лугового типа.

Анализ этих данных и изучение состояния болотного массива "Кальское" в Рязанской Мещере, единственного мелиоративного объекта в РСФСР, где было применено глубокое осушение, ранее привели к выводу о том, что этот способ самотечного осушения низинных торфяных почв в южнотаежной подзоне, зоне широколиственных лесов и в лесостепи юга европейской территории СССР вызовет катастрофическое ускорение разложения органического вещества торфяных почв, их деградацию, падение плодородия, эрозию, поверхностные и глубинные пожары. Резкое усиление биохимического разложения торфа в условиях промывного режима на фоне глубинного осушения приводит к поступлению в грунтовый поток нитратов. Их концентрация в этих случаях достигала 100...300 мг/л, обуславливая опасную евтрофикацию водоемов.

Как отмечалось, в Нечерноземной зоне РСФСР применение способа глубокого осушения низинных болот было ограничено территорией небольшого болотного массива "Кальское". Однако в Белоруссии в результате массового применения глубокого дренирования низинных торфяных почв в 60-х годах на многих десятках тысяч гектаров произошли резкое падение их плодородия, полное исчезновение органической толщи, выход на поверхность оглеенного, практически бесплодного кварцевого песка или карбонатных отложений луговой извести и мергеля. Такие неплодородные или малоплодородные почвы с малой

мощностью гумусового горизонта на оглеенных кварцевых песках получили название в классификации почв Белоруссии "глеоземы". Глеоземы — почвы преимущественно вторичного антропогенного происхождения, они — результат опасного увлечения непроверенными способами мелиорации, действие которых оценивали в полном отрыве от генетических особенностей почв, их режимов и плодородия.

Следует подчеркнуть, что строительство систем глубокого осушения низинных болот в Белоруссии продолжалось до конца 60-х годов. К этому времени стали очевидны тяжелые экологические, социальные и хозяйственные последствия глубокого осушения торфяных почв европейских полесий, прежде всего Припятского полесья.

В начале 70-х годов проектные организации отказались от самотечного глубокого осушения низинных болот с помощью редкой сети глубоких (3...5 м) каналов. Значительная часть массивов, ранее осушенных глубокими каналами, была реконструирована и заменена системами двустороннего действия с использованием регулируемого шлюзования и субиригации для поддержания лугового типа водного режима в осушенных торфяных почвах. Эти площади были залужены или (при значительной мощности торфяной залежи) вовлечены в травопольные севообороты с высокой насыщенностью травами (до 50...60 %). Вместе с тем глеоземы, возникшие в результате глубокого осушения, сохраняются в западном регионе Нечерноземья на значительных площадях. Их освоение в сельскохозяйственном производстве все еще остается нерешенной актуальной проблемой.

Пример глубокого самотечного осушения низинных болот — один из многих случаев, которые позволяют утверждать необходимость строгой увязки мелиоративных решений со свойствами и режимами почв. Вместе с тем он, вероятно, отличается от других подобных примеров предельной очевидностью негативных последствий переноса непроверенных и неадекватных решений в мелиоративную практику. Таким образом, вопрос о глубинах дренажа (открытого или закрытого) при осушении торфяных почв основной (южнотаежной) сельскохозяйственной зоны европейской территории СССР решается достаточно определенно и однозначно. Вместе с тем в отношении глубин заложения дрен при осушении минеральных почв в последние годы высказываются различные мнения, которые, как и в случае органогенных почв, целесообразно рассмотреть с почвенно-генетической и мелиоративной точек зрения.

9.3.2. Глубины заложения дрен при осушении минеральных заболоченных почв разного генезиса

Вопрос о рациональной глубине заложения дрен при осушении минеральных заболоченных почв приобрел в последние годы весьма дискуссионный характер. Это обстоятельство, по-видимому, обусловлено широким размахом строительства дренажа в различных природных зонах на почвах и породах различного генезиса и гранулометрического состава. Особый интерес к этому вопросу проявляется в тех случаях,

когда объектом рассмотрения оказываются почвы тяжелого гранулометрического состава. В настоящее время строительные нормы и правила (СНиП 2.06.03—85) рекомендуют применять на минеральных тяжелых почвах глубины заложения дрен в сравнительно широком диапазоне — от 1,1 до 1,5 м.

В практике мелиоративного строительства в зависимости от региональной приуроченности используют разные глубины дренажа на всем указанном диапазоне. Наиболее часто в условиях центра Нечерноземной зоны применяют глубины, равные 1,0...1,2 м, в северо-западных районах — 0,9...1,1 м; в Прибалтийских республиках, в частности в Латвии, рекомендуются глубины заложения дрен, равные 1,5 м (Шкин-кис, 1974, 1981). Такие изменения рекомендуемых глубин при строительстве дренажа в тяжелых почвах в диапазоне 0,9...1,5 м следует признать весьма значительными. Они предполагают в ряде случаев увеличение глубин заложения дрен на 40...60 см, что приводит к соответствующему заглублению всей проводящей сети, общему понижению базиса эрозии, уровней грунтовых вод, к изменению общей гидрологической обстановки ландшафта.

В настоящее время внедрение новой землеройной техники позволяет вести строительство закрытого горизонтального дренажа в аридных районах на глубинах 3...4 м. В гумидной зоне рассматривается целесообразность заглубления дренажа до 1,5 м. Очевидно, в каждом конкретном случае необходимость перехода от обычно принятых глубин (1...1,2 м) на 1,5 м должна быть обусловлена природными и хозяйственными факторами. Не останавливаясь на всех аспектах этой актуальной проблемы, рассмотрим лишь ее некоторые особенности, зависящие от почвенно-генетических и мелиоративных условий.

Наиболее полное обоснование целесообразности применения на тяжелых почвах глубокого дренажа содержится в работах Ц. Н. Шкин-киса. Им было показано, что действие дренажа не только в легких, но и в тяжелых почвах зависит от начального напора, при котором начинается (или заканчивается) дренажный сток. В тяжелых почвах, по его данным, он равен 0,6...0,7 м. Поэтому если дренаж залегает на глубине 1 м, то дренажный сток формируется преимущественно за счет гравитационной влаги пахотного горизонта. В этом случае подпахотные горизонты насыщены капиллярной влагой.

Объем фильтрующих пор в иллювиальных горизонтах столь незначителен, что через них фильтрация воды к дренам практически исключена. Поэтому тяжелые почвы, осушенные мелким дренажем, принципиально не меняют свой водный режим по сравнению с их исходным водным режимом до осушения. Их пахотный горизонт в период выпадения осадков может быстро подвергаться интенсивному затоплению, а культуры — вымоканию. При глубоком залегании дрен в тяжелых почвах образуется значительная аккумулирующая емкость, а гравитационная влага поступает в дренаж через подпахотные горизонты.

В отличие от ранее распространенной точки зрения в тяжелых почвах, несмотря на низкие значения K_f , особенно при глубоком заложении дрен, во время прохождения дренажного стока, как и в легких почвах,

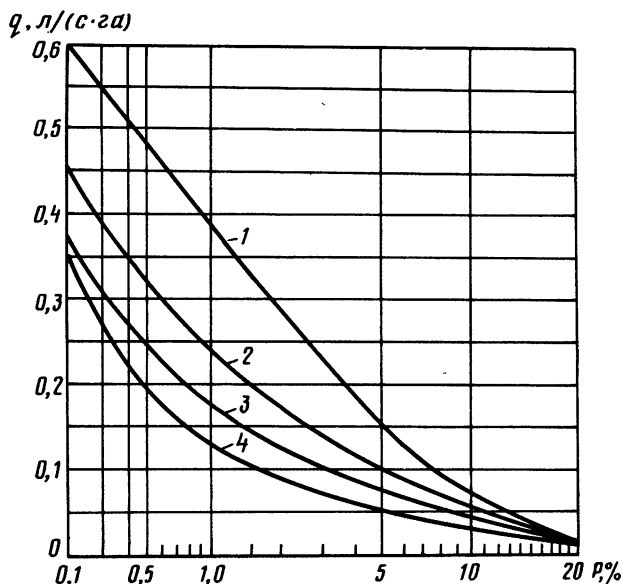


Рис. 9.5. Зависимость обеспеченности среднесуточных модулей дренажного стока от глубины заложения дрен на дерново-глебовых глинистых почвах с $K_{\Phi} = 0,02 \dots 0,06$ м/сут, по Ц. Н. Шкинису (метрологический почвенно-гидрологический стационар "Дегумниенки") :

1 — $H = 0,9$; 2 — $H = 1,2$; 3 — $H = 1,5$; 4 — $H = 1,8$ м

устанавливается депрессионная кривая. Активная миграция влаги в почвах с $K_{\Phi} < 0,05$ м/сут происходит по сложной и разветвленной сети трещин, играющих активную влагопроводную роль в тяжелых почвах (Зайдельман, 1985). Все это позволило сделать вывод, что закономерное уменьшение продолжительности стояния высоких уровней грунтовых вод на глинистых слабопроницаемых почвах характерно для увеличения t (глубины заложения дрен) до 1,5 м. Дальнейшее заглубление до 1,8 м не вызывает заметного увеличения интенсивности осушения, но и не приводит к ее сокращению (Шкинис, 1974).

С увеличением глубины заложения дрен и мощности дренированного слоя в тяжелых почвах абсолютное значение одинаково обеспеченных модулей дренажного стока уменьшается (рис. 9.5).

Особый интерес представляют данные, отражающие экономическую эффективность дренирования тяжелых дерново-глебовых почв (табл. 60) с заложением дрен на разных глубинах. Они позволяют сделать ряд интересных выводов. Во-первых, сроки окупаемости глубокого (1,5 м) и среднего (1,2 м) по глубине закладки дренажа весьма близки — 2,6 и 3,2 года. Абсолютные величины урожайности зерновых при равных междренних расстояниях ($E = 20$ м) и разных глубинах заложения 1,2...1,5...1,8 м с использованием и без кротования весьма близки и равны соответственно 3,09...3,49...2,82 и 2,34...2,58...2,58 т/га. Во-вто-

60. Экономическая эффективность дренарования тяжелых дерново-глезовых почв в зависимости от глубины закладки дрен при $E = 20$ м
Дегуминики (Х. А. Смилга, 1967)

Глубина за- кладки дрен, м	Стоимость капита- ловложений на ме- лиорацию, р. на 1 га	Урожай- ность яч- меня, т/га	Общий доход, р. на 1 га	Производ- ственные рас- ходы, р. на 1 га	Стоимость 1 т продукции, р.	Чистый доход, р. на 1 га	Прирост чистого до- хода, р. на 1 га	Срок оку- паемости, год	Коэффициент экономичес- кой эффек- тивности
-------------------------------	--	------------------------------------	-------------------------------	---	--------------------------------	--------------------------------	---	-------------------------------	--

Кротованный участок

1,8	534	2,82	254	104	0,368	150	113	4,7	0,21
1,5	463	3,49	314	102	0,292	212	175	2,6	0,38
1,2	447	3,09	278	101	0,328	177	140	3,2	0,31
0,9	429	2,73	245	100	0,368	145	108	4,0	0,25

Некротованный участок

1,8	529	2,58	232	103	0,401	129	92	5,8	0,17
1,5	458	2,58	232	102	0,394	130	93	4,9	0,20
1,2	442	2,34	210	101	0,432	109	72	6,2	0,16
Не дренаровано	161	1,52	137	100	0,657	37	—	—	—

рых, установлена эффективная роль кротования. Оно оказалось наиболее действенно при заложении дрен на 1,2...1,5 м. В-третьих, при равных междренних расстояниях максимальные сроки окупаемости осушительных систем соответствуют глубине заложения дрен на 0,9 и 1,8 м. Наконец, в-четвертых, на тяжелых дерново-глеевых глинистых почвах дренаж на всем исследованном диапазоне глубины заложения регулирующей сети обеспечивал получение чистого дохода в 3...5 раз больше по сравнению с недренированными массивами, где действовала лишь поверхностная открытая сеть. При этом сроки окупаемости дренажа варьировали от 2,6 до 6,2 года, что, таким образом, укладывается в принятые государственные строительные нормативы.

Рекомендации по углублению дренажа при осушении почв Латвии достаточно проверены и целесообразны с точки зрения наиболее полного дренирования заболоченных почв. Однако, оценивая полученные данные с почвенно-мелиоративных позиций, следует подчеркнуть ряд лимитирующих обстоятельств, не позволяющих рассматривать эти рекомендации как универсальные для Прибалтийского региона и в целом для Нечерноземья по следующим причинам.

Наблюдения за эффективностью глубокого заложения гончарных дрен были проведены в условиях мягкого приморского климата на дерново-глеевых и дерново-карбонатных почвах. Почвы этого типа отличаются высокой насыщенностью щелочноземельными металлами и содержат значительные резервы извести. Такие карбонатные почвы, по данным В. Миляускаса (1963), П. Б. Свиклиса (1957), П. И. Бальзариновича (1966), в отличие от почв на кислых тяжелых породах после дренажа характеризуются резким (в десятки раз) увеличением коэффициента фильтрации, усилением трещиноватости и интенсивности внутрипочвенного стока. Поэтому вывод о целесообразности значительного заглубления дренажа (на 1,5 м), справедливый для тяжелых карбонатных почв Латвии, может оказаться не вполне достоверным или не приемлемым для тяжелых почв на кислых породах. В последнем случае можно ожидать значительного уплотнения почвенного профиля, интенсивного развития иллювиальных явлений и устойчиво низких значений K_f после дренажа. В этой связи следует обратить внимание на то, что в подзолистых оглеенных почвах на кислых моренных породах И. М. Кривоносов (1952, 1957) после длительного осушения не обнаружил достоверного изменения коэффициента фильтрации.

В Прибалтийском регионе на генетически иных почвообразующих породах У. Х. Томберг (1985) для почв на тяжелых ленточных глинах Эстонии было показано, что эффект дренажа при заложении дрен на 1,1 и 1,5 м определялся не их глубиной, а составом обратной дренажной засыпки и ее водопроницаемостью. При использовании засыпки только из глинистого материала иллювиальных горизонтов без гумусной добавки на фоне глубокого заложения дрен и междренних расстояниях $E = 5$ м был получен такой же гидрологический и агроэкологический эффект, как и на дренаже с обратной засыпкой из иллювиальных и гумусового горизонтов при $E = 10$ м и глубине заложения 1,1 м (табл. 61).

61. Влияние глубины заложения дрен, междренних расстояний и состава траншейной обратной засыпки на гидрологические параметры дренажа и урожайность. Дерново-глеевые почвы на ленточных глинах. $K_{\phi} = 0,007$ м/сут; сумма частиц < 0,01 мм горизонта В 90 %. Пярнуский район ЭССР (У. Х. Томберг, 1985)

Гидрологические характеристики	Варианты опыта		
	$E = 10; H = 1,5$ м	$E = 5, H = 1,5$ м	$E = 10, H = 1,1$ м
	глинистая засыпка из иллювиальных горизонтов		смесь глинистых иллювиальных и пахотного горизонтов
Слой стока, мм	174	235	233
Максимальные модули стока, л/(с · га)	—	1,2	2,7
Средняя глубина верховодки в вегетационный период, см	11	51	37
Средняя скорость сработки верховодки, см/сут	4,3	7,4	6,0
Урожайность, т/га:			
ячмень	2,24	2,24	2,32
овес	2,10	1,84	2,01
лен	4,29	4,36	5,02
смесь трав	3,75	5,36	4,95

На современных и древнеаллювиальных тяжелых породах широко распространены почвы со структурными глинистыми горизонтами. Несмотря на тяжелый глинистый состав, эти слои профиля обладают повышенной водопроницаемостью (0,1...0,4 м/сут). Такие почвы в европейской части страны приурочены главным образом к поймам рек. На Дальнем Востоке они занимают огромные массивы молодых надпойменных террас Амура, Зеи, Буреи, Уссури и других крупных рек. Здесь многие десятки и сотни тысяч гектаров образованы лугово-бурыми оглеенными и лугово-бурыми глеевыми почвами, обладающими выраженными структурными горизонтами. На сравнительно небольшой глубине (~ 1 м) они подстилаются глинистыми глеевыми водоупорными горизонтами. Наличие таких структурных горизонтов связано, по-видимому, с эволюцией почвенного покрова речных долин, пережившего в недалеком прошлом стадию интенсивной поемности и влияния аллювиального процесса. Это своеобразие генетически обусловленных свойств тяжелых почв рассматриваемых типов определяет, в свою очередь, оптимальные параметры заложения дрен. Последние в этом случае и особенно при строительстве бестраншейного пластмассового дренажа, как показали исследования ДальНИИГиМа, должны быть приурочены к подошве структурного горизонта, т.е. находиться на глубине не более 1,0...1,2 м. Заглубление дренажа в толщу слабопроницаемого водоупорного глеевого глинистого горизонта может привести к ослаблению приточности воды и ослаблению дренажной функции осушительной системы.

В заключение следует подчеркнуть некоторые особенности режима осушенных длительно-сезонно-мерзлотных почв севера европейской территории, Сибири и Дальнего Востока. В этом случае при значительном запасе холода сухие и свободные ото льда дренажные трубы весной заполняются водой. Как показали наблюдения Э. А. Бишофа (1968) и И. И. Логинова (1987), в Барабинской низменности при этом происходит образование ледовых пробок в дренажных трубах и нарушается нормальная работа осушительной системы. В тех случаях, когда размерзание почв происходит снизу и сверху с равной скоростью или преобладает размерзание снизу, дренажи надо закладывать ниже зоны промерзания на осушенном массиве.

Вопрос этот, естественно, следует решить с учетом экономической и экологической целесообразности, поскольку заглубление дренажа вызывает не только обезвоживание значительной толщи почв и заглубление всей проводящей сети, но и способствует (при осушении органо-генных почв) форсированию биохимического разложения торфяных горизонтов. Поэтому предложения по укладке закрытого дренажа ниже глубины промерзания в торфяных почвах следует оценивать не только по гидрологическому последствию этого мероприятия, но и по его непосредственному влиянию на скорость и направление вторичного почвообразования. В частности, может оказаться более целесообразным не расположение дренажа ниже глубин промерзания, а замена этого способа осушения другим (например, открытой сетью каналов в сочетании со щелевыми дренами) (Войтюк, Меновщиков, Рыжаков, 1985).

Наконец, в случае весенне-летнего размерзания длительно-сезонно-мерзлотных почв, преимущественно с поверхности (например, тяжелых глинистых заболоченных почв), может оказаться целесообразным неглубокое заложение дренажей.

Все изложенное позволяет признать, что основные параметры дренажа при осушении гидроморфных почв определяются прежде всего почвенно-генетическими факторами: генезисом и гранулометрическим составом почв, почвообразующих и подстилающих пород, гидротермическим режимом, вторичными особенностями почвообразования и климатом. Это, в частности, исключает возможность единого принципиального решения при оценке оптимальных глубин дренажа.

При решении этого вопроса, как и при расчете междренних расстояний в суглинистых и глинистых почвах со средней и низкой водопроницаемостью, важное значение приобретают агромелиоративные мероприятия по организации и ускорению поверхностного и внутрипочвенного стока. Они оказывают определяющее влияние на гидрологический режим и свойства осушенных почв, поскольку трансформируют их рельеф и физическое состояние. Мероприятия по ускорению поверхностного стока (планировка поверхности, профилирование, узкозагонная пахота, гребневание, грядование) хорошо известны и изучены многими авторами (Розин, 1957; Подлипенко, 1958; Писарьков, 1963). К сожалению, эти эффективные способы агромелиорации

в середине 60-х годов не получили объективной оценки и их внедрение в практику было заторможено.

В настоящее время систему агроmeliоративных мероприятий по организации и ускорению поверхностного стока можно с успехом применять на тяжелых почвах с текстурно-глинистой дифференциацией профиля (подзолистых, болотно-подзолистых и буро-подзолистых), приуроченных к покровным, моренным, озерно-ледниковым суглинкам и глинам. В меньшей мере разработана генетическая оценка эффективности агроmeliоративных мероприятий, направленных на ускорение внутрипочвенного стока: кротование и глубокое мелиоративное рыхление.

10. ОСОБЕННОСТИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И АГРОМЕЛИОРАЦИИ НА ОСУШЕННЫХ ПОЧВАХ. СИСТЕМЫ МЕЛИОРАЦИЙ

Эффективная работа осушительных систем в Нечерноземной зоне возможна при взаимообусловленном действии гидротехнических, агроmeliоративных и агрономических факторов. Это общее положение справедливо как для тяжелых и торфяных, так и для легких почв. Особый интерес в этой связи представляют агроmeliоративные мероприятия по ускорению внутрипочвенного стока. Они существенно или принципиально меняют неблагоприятные физические свойства почв, мощность ризосферы, объем поверхностного и дренажного стоков. Их несомненным преимуществом является полная механизация, исключая участие ручного труда.

10.1. КРотование

Кротование как агроmeliоративное мероприятие, цель которого — перераспределение гравитационной влаги по профилю почв, известно достаточно давно. Однако только в последние годы оно получило практическое применение. Наиболее интересные данные по этой проблеме получены в Литве, где до недавнего времени его применяли ежегодно на площади 80...100 тыс. га, занятых тяжелыми дренированными почвами. В отличие от кротового дренажа кротование следует рассматривать как мероприятие, направленное на перераспределение гравитационной влаги из верхних пахотных горизонтов в более глубокие подпахотные иллювиальные слои профиля.

Кротование ведут специальными навесными кротователями, которые формируют в почве за счет расклинивания кротовину, обычно цилиндрической формы, диаметром в суглинистых и глинистых почвах 6...8 см и в торфяных — 12...18 см. В зависимости от марки кротователя расстояния между кротовинами варьируют в минеральных почвах в ограниченном интервале (1,25...2,00 м). Процесс кротования осуществляется рабочим органом навесного кротователя, состоящего из ножа, кротователя и уширителя. Кротователи изготавливают обычно в 1; 2 и 3-стоечных вариантах, нередко кротование проводят одновременно с

пахотой. В этом случае одностоечный кротователь (вместо последнего лемеха) крепят на раме плуга. В любом случае образованная кротовина копирует рельеф.

Процесс перераспределения избыточной (сверх ППВ) влаги из верхнего горизонта в нижние идет по вертикальной щели от прохода. Кротование почв вызывает не только перераспределение гравитационной влаги по профилю и усиление аэрации поверхностных горизонтов, но и способствует возникновению разветвленной системы трещин вокруг кротовины (Бальчюнас, Ламсодис, 1972). Устройство кротовины, возникновение вертикальной щели от прохода кротователя и сложной сети влагопроводящих трещин в целом усиливают аэрацию почв и уменьшают подвижность металлов с переменной валентностью. Можно предполагать, что наиболее разветвленная сеть трещин возникает на карбонатных почвах, где кротование вызывает резкое увеличение общего объема дренажного стока (в 1,5...2 раза в первый год). Все это повышает плодородие почв и урожайность большинства культур. Кротование по стоимости обычно приближается к стоимости пахоты и окупается урожаем первого года.

Кротовый дренаж — гидротехническое сооружение, образованное длительно действующими земляными (кротовыми) дренами небольшого диаметра (6...10 см в минеральных и 10...20 см в торфяных почвах) с выдержанным уклоном, которое служит для удаления избыточной гравитационной влаги за пределы осушаемой территории.

Ранее при рассмотрении почвенно-генетических условий применения кротового дренажа в Нечерноземной зоне было установлено, что его использование в суглинистых и глинистых заболоченных почвах для осушения определяется степенью их оструктуренности. На этом был основан предложенный метод определения срока устойчивости кротовин по водопрочности агрегатов. При высокой стабильности макроагрегатов размером 3...5 мм (равной или более 50 %) кротовины могут действовать и устойчиво сохраняться в почвах более 3...4 лет.

Была обнаружена интересная генетическая связь между стабильностью кротовых дренах в минеральных почвах и их генезисом. Установлено, что кротовые дренах всегда, независимо от гранулометрического состава, нестабильны в почвах подзолистого и болотно-подзолистого типов и разрушаются через 1...3 года после их устройства. Например, в структурных почвах с высокой устойчивостью агрегатов к размоканию они более чем в 50 % случаев отличались высокой устойчивостью и стабильно действуют 3...4 года и более. Это позволило сделать вывод о том, что кротовый дренаж (как гидротехническое сооружение) непригоден для осушения заболоченных подзолистых почв, тогда как агрегированные структурные почвы (например, дерновые зернистые оглеенные почвы современных пойменных террас, некоторые виды луговых почв) могут усиленно осушаться с помощью кротового дренажа.

При рассмотрении почвенно-генетических условий применения кротования необходимо обратить внимание на следующее. Кротование в отличие от кротового дренажа малоэффективно в структурных почвах

с высокой водопроницаемостью поверхностных горизонтов, в том числе и в тяжелых глинистых оглеенных пойменных почвах (Бальчюнас, 1970). В этом случае избыточная гравитационная влага благодаря высокой водопроницаемости верхних слоев свободно стекает в нижние горизонты профиля. Однако в таких почвах с исходной высокой фильтрацией верхних горизонтов в процессе их сельскохозяйственного использования могут произойти резкое ухудшение агрегатного состава, снижение водопроницаемости и уплотнение подпахотных горизонтов в результате интенсивной обработки (например, при длительной монокультуре овощных). В этом случае кротование может оказаться весьма эффективным приемом улучшения гидрологического состояния осушенных пойменных почв.

Вместе с тем на почвах с элювиально-иллювиальной дифференциацией профиля (подзолистых, болотно-подзолистых, буро-подзолистых, слабоводопроницаемых дерново-глеевых) кротование оказывается эффективным приемом улучшения их водного режима. Следует, однако, иметь в виду, что целесообразность кротования почв этих типов определяется генезисом их почвообразующих пород. Так, по наблюдениям, кротовины оказываются относительно стабильными (от 1 до 3 лет) в дерново-подзолистых и дерново-глеевых почвах на покровных лёссовидных моренных, пермских суглинках и глинах. Вместе с тем в почвах этих генетических типов на ленточных глинах (наблюдения в Приильменской низменности) срок действия кротовин не превышал 2...3 мес, они полностью заплывали после выпадения первого значительного дождя. Поскольку срок действия кротовин в зависимости от физических свойств почв и почвообразующих пород различен, в проектах осушения тяжелых почв следует предусматривать восстановление кротовин через разные сроки.

На основе анализов, выполненных в процессе изысканий, определяют интервалы повторного кротования (через 1; 2; 3 года) почв в период эксплуатации осушенного массива. Продолжительность действия кротовин определяют экспресс-методом. Интервал между сроками кротования, учитывая последствие, можно увеличить на 1 год. В случае неоднородности сроков действия кротовин на разных почвах на стадии изысканий целесообразно предусматривать составление специальных картограмм*. Такие картограммы служат основой для прогнозирования сроков повторного кротования в эксплуатационный период.

Кротование обладает рядом преимуществ по сравнению с другими агромелиоративными приемами ускорения внутрипочвенного стока. Оно выполняется в широком диапазоне влажности, когда почва находится в пластичном состоянии. В практических целях следует признать, что кротование — всепогодный агромелиоративный прием по ускорению внутрипочвенного стока и может применяться при любой влажности

* Способ пригоден для почв с низким содержанием монтмориллонита или каолинитового состава.

почв. В частности, его с успехом можно использовать для предварительной подсушки почв, заболоченных поверхностными водами.

В последние годы кротование нередко используют в сочетании с глубоким рыхлением. Вместе с тем оптимумы влажности почвы при выполнении кротования и глубокого рыхления существенно различаются. Так, оптимальной влажностью рыхления (см. с. 250) обычно является диапазон 0,7ППВ...ППВ, а кротования — ППВ и выше ППВ. Поэтому если его проводят при влажности более высокой, чем нижний предел пластичности, т. е. когда почва утрачивает способность к крошению, то в этом случае нельзя добиться высокого качества рыхления, используя, например, универсальный рыхлитель-кротователь РУ.65.2.5. Агрегат будет испытывать значительное сопротивление при работе на мокрой почве. Вследствие этого неизбежны систематическое выглубление рыхлителя, разрыв сплошности кротовин, образование на поверхности почвы ям и частые выбросы малоплодородного материала подпахотных горизонтов. Поэтому целесообразнее выполнять кротование специальными кротователями (а не рыхлителями-кротователями), не связывая это мероприятие с глубоким мелиоративным рыхлением. При этом лучше закладывать кротовины на глубине 60...70 см, так как в этом случае она не будет размещаться в наименее стабильных горизонтах *A2* и *A2B* профиля болотно-подзолистых почв.

10.2. ГЛУБОКОЕ МЕЛИОРАТИВНОЕ РЫХЛЕНИЕ

Под глубоким мелиоративным рыхлением понимают рыхление толщи поверхностных горизонтов мощностью 60 см и более. Это агро-мелиоративное мероприятие, направленное на ускорение внутрипочвенного стока, преследует цель принципиального изменения неблагоприятных физических свойств поверхностных горизонтов почвенного профиля. Способ глубокого мелиоративного рыхления почв получил широкое распространение в конце 60-х годов вначале в странах Западной и Центральной Европы — ФРГ, Чехословакии, Болгарии, Франции.

В настоящее время существуют два типа глубоких рыхлителей — пассивного и активного действия. В первых используют расклинивающее действие пассивного лемеха и стойки рыхлителя; во вторых — активное, интенсивно встряхивающее почву вибрирующего лемеха и подвижного ножа рыхлителя. Действие этих рыхлителей было изучено автором совместно с проектными мелиоративными институтами по единой программе в условиях крупного географического мелиоративного эксперимента, приуроченного к основным типам почв Нечерноземной зоны РСФСР разной степени заболоченности. Объектом исследования были почвы, образованные на тяжелых породах этого региона — моренных, пермских, покровных, лёссовидных и ленточных глинах Кировской, Вологодской, Московской и Новгородской областей. Характеристика почв, пород и основные результаты исследований бы-

ли опубликованы ранее*. Поэтому здесь нет необходимости подробно останавливаться на изложении этих материалов. Однако данные, полученные позднее, позволяют обратить внимание на некоторые новые аспекты этой актуальной проблемы, а также дополнить те выводы, которые ранее не получили необходимого развития. Следует подчеркнуть, что глубокое рыхление, несомненно, мощный фактор агромелиоративного воздействия, принципиально меняющий физические свойства почв. Но гидрологический и экологический эффект этого мероприятия оказывается неоднозначным. Он определяется степенью заболоченности почв, их генезисом и климатическими условиями. Особенно велика в этом случае роль почвообразующих пород.

10.2.1. Почвы Нечерноземной зоны как объект глубокого рыхления

Основной объект глубокого мелиоративного рыхления в Нечерноземной зоне — суглинистые и глинистые почвы, K_{ϕ} подпахотных горизонтов которых в естественном состоянии в слое 30...80 см менее 0,2...0,3 м/сут**.

Физические свойства кислых тяжелых почв улучшают путем глубокого рыхления, известкования разрыхленных горизонтов и повышения концентрации элементов питания (внесение минеральных и органических удобрений). На карбонатных почвах процесс образования структуры складывается из механического рыхления и биологического агрегирования. Химическое оструктурирование путем внесения извести на этих почвах нецелесообразно вообще или ограничено самыми поверхностными выщелоченными слоями.

Непосредственный объект глубокого рыхления — почвы, приуроченные к суглинистым и глинистым покровным, моренным, озерно-ледниковым, аллювиальным слабоагрегированным породам, а также почвы на тяжелосуглинистом и глинистом элювии пермских и триасовых карбонатных пород.

Минеральные почвы по условиям применения глубокого рыхления делятся на три группы.

Первая группа объединяет почвы на карбонатных мелкоземистых породах — на элювии и элюво-делювии пермских отложений; на карбонатных моренных отложениях, содержащих гравелистые и мелкоземистые известковые включения; на озерно-ледниковых (в том числе ленточных) карбонатных породах. Глубокое рыхление почв на этих породах требует минимальных затрат, поскольку нет необходимости внесения в рыхленную почву крупных доз извести.

* Эколого-гидрологические основы глубокого мелиоративного рыхления почв / Под ред. Ф. Р. Зайделямана. — М.: МГУ, 1986.

** В почвах центрального и западного регионов Нечерноземной зоны с благоприятными климатическими условиями и относительно длительным вегетационным периодом глубокое рыхление применяют на суглинистых и глинистых почвах с $K_{\phi} < 0,2$ м/сут; в северных и восточных районах с коротким вегетационным периодом — с $K_{\phi} < 0,3$ м/сут.

К первой группе почв следует отнести и такие сильнооглеенные слабоводопроницаемые ($K_f < 0,2...0,3$ м/сут) пойменные тяжелые иловато-глеевые, дерново-глеевые слитые почвы, в профиле которых отсутствуют признаки устойчивой водопрочной структуры. Обычно поглощающий комплекс этих почв отличается высокой степенью насыщенности щелочноземельными металлами.

Вторую группу образуют кислые преимущественно суглинистые и глинистые почвы, а также легкие супесчано-песчаные почвы на двучленных водно-ледниковых отложениях, легкие горизонты которых на глубине 30...40 см подстилаются тяжелыми (моренными или покровными) суглинками и глинами.

Третья группа — почвы, на которых глубокое рыхление в связи с их фильтрационными, химическими или литологическими особенностями нецелесообразно или невозможно. К ним относят почвы с мощными поверхностными рудяковыми горизонтами; почвы с близким залеганием (на глубине 30...50 см) плотных осадочных или изверженных пород; почвы легкого механического состава или тяжелые почвы, хорошо оструктуренные до глубины 0,6 м и глубже. Например, пойменные дерновые-зернистые, дерново-карбонатные оглеенные и др. В эту группу почв следует включить торфяные. Их глубокое рыхление приводит к быстрому окислению мощной толщи торфа и ускоренному разложению. Поэтому если в профиле этих почв в процессе эксплуатации возникают уплотненные подпахотные горизонты, то их разрушение и перераспределение избыточной влаги в более глубокие горизонты целесообразно осуществлять с помощью кротования. Представляется, однако, нецелесообразным применять глубокое мелиоративное рыхление почв, образованных на толще сапропелевых отложений в связи с их высокой влагоемкостью, обводненностью и обычно высоким содержанием ила и коллоидов.

Глубокое мелиоративное рыхление оглеенных тяжелых почв выполняют только при поверхностном заболачивании. В случае участия грунтовых вод в заболачивании этих почв глубокое рыхление нецелесообразно.

10.2.2. Условия и способы выполнения глубокого мелиоративного рыхления

При выполнении работ по глубокому мелиоративному рыхлению с использованием всех видов рыхлителей пассивного и активного действия важнейшее условие — тщательная разделка пласта или задернованной поверхности почв.

На сенокосах и пастбищах глубокое рыхление проводят только в период, непосредственно предшествующий их залужению, после разделки пласта. Подготовку поверхности и проведение сплошного глубокого рыхления осушенных тяжелых почв выполняют в определенной последовательности.

На поверхность нерыхленной толщи после завершения культурно-технических работ, осушения территории вносят известь из расчета

снижения кислотности во всей толще рыхления (15...25 т/га). Затем выполняют дискование поверхности, пахоту, проводят повторное дискование и планировку. После этого на поверхность вносят минеральные (в дозах на 15 % выше нормы) и органические удобрения и производят сплошное (на некаменистых почвах и почвах без погребенной древесины) глубокое мелиоративное рыхление. На каменистых почвах, на мелкокаменистой морене и на почвах с погребенной древесиной проводят рыхление по полосам через 2 м рыхлителем РК-1,2, убирают камни и древесину, извлеченные при полосном рыхлении. Только после этого приступают к сплошному рыхлению на глубину до 60...80 см и более. На заключительном этапе проводят дискование, прикатывание и сев. Прикатывание выполняют в случае, если сев ведут в год рыхления.

Все работы, связанные с подготовкой поля к глубокому мелиоративному рыхлению, процесс рыхления, обработки и другие виды работ следует вести на тяге гусеничных тракторов и транспортными средствами с нагрузкой на почву, не превышающей 50...70 кПа. Применение тракторов и транспортных средств с большей нагрузкой на суглинистых и глинистых заболоченных почвах даже после их дренажа неизменно будет приводить к быстрому уплотнению, снижению плодородия, систематическим потерям урожая. В этом случае эффект глубокого рыхления будет немедленно ликвидирован, поскольку колесная, не адаптированная к гидрологическим условиям осушаемого поля техника будет вызывать устойчивое уплотнение почвенного профиля в толще до 40 см, а также резкое, особенно опасное и трудно диагностируемое, равномерное по всему полю снижение урожайности до 20...30 % и более (Рабочев, Бахтин и др., 1980).

Сплошное глубокое мелиоративное рыхление тяжелых почв выполняют после прекращения дренажного стока при влажности, близкой или равной ППВ. При этом влажность верхней (55...60 см) толщи должна соответствовать следующим значениям.

В производственных условиях состояние влажности может быть установлено по способности почвы к раскатыванию в шнур. Влажность почв благоприятна для сплошного глубокого рыхления в случае, если почва при полевом опробывании утрачивает способность раскатываться в шнур толщиной 3...5 мм во всех слоях 50...60 см толщи. При этом крупные агрегаты почвы приобретают способность к крошению.

Рыхление (рыхление-кротование) по полосам можно выполнять при влажности, равной или меньшей 1,1 ППВ. В этом случае его действие направлено главным образом на предварительную подсушку территории.

Глубокое мелиоративное рыхление не выполняют в случае промерзания почвы на глубину более 5 см с поверхности или при наличии в толще, подлежащей рыхлению (0...70 см), мерзлых горизонтов В.

Сплошное глубокое рыхление глеевых почв глинистого и тяжело-суглинистого механического состава целесообразно после *предварительного* кротования или рыхления-кротования по полосам для ускорения стока гравитационной влаги и их подсушки. Между сроком завершения

работ по кротованию или рыхлению-кротованию по полосам и началом сплошного глубокого рыхления следует выдержать интервал 2...3 недели для стока гравитационной влаги. Предварительную подсушку глееватых почв с помощью кротования в период капитального строительства не выполняют.

В зависимости от почв, производственных условий и типа рыхлителей применяют следующие способы глубокого рыхления и рыхления-кротования: сплошное рыхление, сплошное рыхление-кротование, рыхление-кротование по полосам, рыхление по полосам.

Сплошное рыхление способствует рыхлению непрерывно всей толщи почвы в обрабатываемом слое. Сплошное рыхление-кротование одновременно, кроме того, обеспечивает образование ниже зоны рыхления кротовин. Рыхление по полосам, выполняемое преимущественно однокорпусными рыхлителями, создает узкие раздельные полосы (через 4,0 м) рыхления. В любом случае рыхление и кротование осуществляют нормально или под углом к дренажным линиям. При рыхлении-кротовании по полосам создаются узкие полосы рыхления, дополненные на глубине 70...75 см кротовинами. Рыхление и рыхление-кротование по полосам выполняют в один след рыхлителем-кротователем РК-1,2; рыхление и рыхление-кротование сплошное и по полосам — соответственно рыхлителями РУ.65.2,5 и РК-1,2, РН-80; сплошное рыхление — рыхлителями с активными рабочими органами ВРН-80,3, WS-II, TGL-12 самостоятельно или одновременно с WS-I. Самостоятельно рыхлители РК-1,2 и WS-I используют только для глубокого рыхления и рыхления-кротования по полосам.

При строительном и эксплуатационном рыхлении тяжелых почв предусматривают следующие глубины рыхления в зависимости от типа рыхлителя при сплошном рыхлении и рыхлении по полосам: для рыхлителей РУ.65.2,5 — 0,60...0,65 м; РК-1,2 — 0,8...0,9; РН-80, ВРН-80,3, WS-I, WS-II — до 0,8 м; TGL-12 — до 1 м. Всегда рыхление следует предусматривать не менее чем на 20...25 см выше расчетной глубины заложения дрен.

10.2.3. Целесообразность глубокого рыхления недренированных заболоченных почв. Глубокое рыхление как способ осушения слабозаболоченных почв

Поскольку глубокое мелиоративное рыхление оказывает интенсивное воздействие на физические свойства почв, нами (Зайдельман, Замыцкий, Резников, 1987) была предпринята попытка оценить целесообразность его применения на недренированных заболоченных почвах с целью улучшения их водного режима. Кроме того, были рассмотрены возможность и целесообразность использования сплошного глубокого рыхления как способа осушения слабозаболоченных почв, т. е. таких, на которых в годы расчетной влажности происходит угнетение сельскохозяйственных культур полевых севооборотов, без предварительного осушения. Ответ на этот актуальный вопрос в известной мере определял направления основного развития мелиорации в зоне избыточного увлажнения.

Вопрос об осушении слабозаболоченных почв, образующих в Черноземной зоне огромные массивы пахотных и луговых угодий, приобрел в последние годы дискуссионный характер. Высказывается мнение о возможности оптимизации их водного режима с помощью несложных агромелиоративных мероприятий (например, кротования, узкозагонной вспашки, глубокого рыхления и др.) и интенсивного использования без осушения дренажем (открытым и закрытым).

Исследования эффективности осушения слабозаболоченных дерново-глееватых почв путем их глубокого мелиоративного рыхления (без дренажа) были проведены на двух производственных массивах Кировской области: "Ивакинские пашни" Котельничского района и "Горевский" Свечинского района.

Недренированные тяжелые дерново-глееватые почвы этих массивов образованы на карбонатном глинистом элюво-делювии пермских отложений. Почвы имеют тяжелосуглинистый — глинистый механический состав, невысокие значения $K_f = 0,15...0,2$ м/сут, заболоченность их обусловлена поверхностными намывными склоновыми водами, поскольку массивы расположены на нижней трети или у основания склонов. В естественном состоянии массивы используют под пахотные угодья. Сев здесь обычно начинают на 8...12 дней позже, чем на незаболоченных автоморфных почвах.

Изучение целесообразности осушения таких почв путем только глубокого мелиоративного рыхления важно в практическом отношении, поскольку сложившаяся практика проектирования предусматривает обязательное устройство закрытого гончарного (пластмассового) дренажа в сочетании с агромелиоративными мероприятиями. На дерново-глееватых слабозаболоченных почвах строят лишь несколько более разреженный дренаж, чем на сильнозаболоченных дерново-глеевых.

При проведении эксперимента нами были предусмотрены следующие варианты осушения дерново-глееватых почв: глубокое мелиоративное рыхление без дренажа, закрытый гончарный дренаж, закрытый гончарный дренаж и глубокое мелиоративное рыхление. Контроль — почвы в естественном состоянии.

Одновременно были выполнены эколого-гидрологические исследования перегнойно-глеевых сильнозаболоченных недренированных и дренированных почв. Установлено, что глубокое мелиоративное рыхление недренированных дерново-глееватых почв вызывает резкое изменение режимов верховодки и влажности, их физических свойств и урожайности возделываемых культур. Поскольку рыхлению подвергается недренированная оглеенная слабозаболоченная почва, то в период снеготаяния или дождевого паводка разрыхленная зона заполняется водой. Рыхление слабозаболоченных почв приводит к образованию как бы своеобразного "водного мешка". Дополнительная аккумуляция влаги в этих обычно переувлажненных весной почвах весьма значительна: 1200...1600 м³/га. Ее расход на испарение в результате интенсивного рыхления поверхностных слоев и разрушения капиллярной связи резко ослаблен по сравнению с нерыхленными почвами. Поэтому после глубокого рыхления водный режим недренированной слабоза-

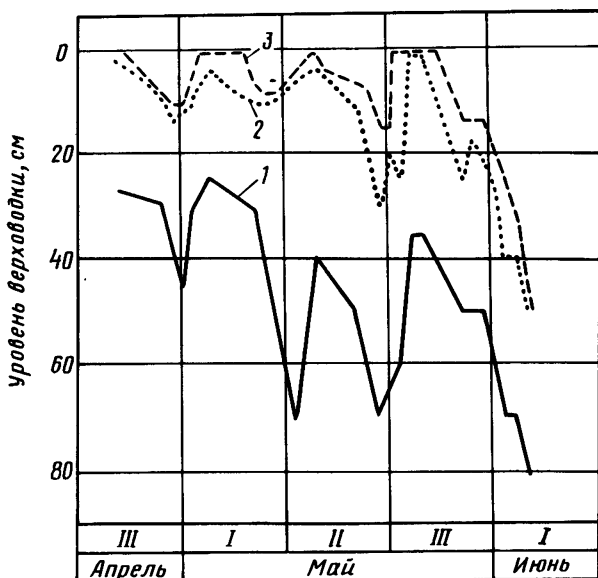


Рис. 10.1. Уровни верховодки в весенне-раннелетний период в дерново-глееватых нерыхленых (1), перегнойно-глеевых нерыхленых (3) и рыхленых (2) недренированных почвах (по замерам в наблюдательных скважинах)

болоченной дерново-глееватой почвы в годы средней и высокой влажности оказывается тождествен водному режиму сильнозаболоченной перегнойно-глеевой почвы в естественном состоянии. Таким образом, рыхление — это не фактор регулирования водного режима почвы, а причина нежелательного накопления в ней значительного количества гравитационных вод склонового стока, поступающих главным образом весной в период снеготаяния.

Уровни верховодки на рыхленной недренированной дерново-глееватой и перегнойно-глеевой почвах (рис. 10.1), столь отличных по характеру водного режима в естественных условиях, на протяжении апреля — июня 1980 г. (обильного осадками) почти постоянно находились у дневной поверхности. В то же время в дерново-глееватой нерыхленной почве они всегда оставались ниже слоя 0...25 см, часто опускаясь до 40...60 см. Это позволяет признать, что глубокое рыхление не улучшило, а резко ухудшило режим влажности и верховодки слабозаболоченных почв, имеющих выраженный водосбор.

Анализ динамики основных элементов водного баланса после проведения глубокого рыхления подтверждает вывод о резкой трансформации режимов влажности почв и верховодки на протяжении всего теплого периода и свидетельствует о вторичном заболачивании дерново-глееватых почв. При этом неблагоприятный гидрологический эффект оказывается продолжительным и тем сильнее, чем ниже зна-

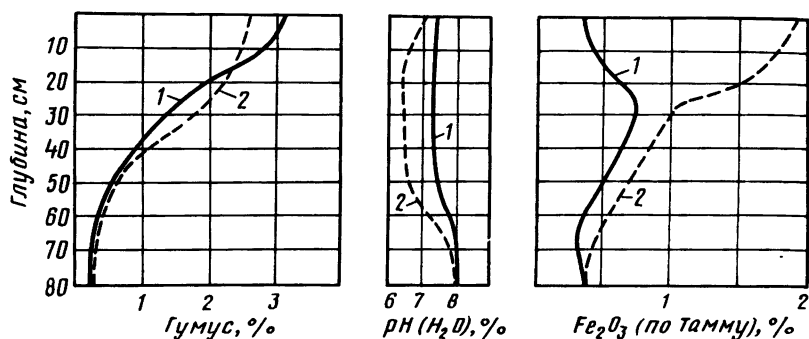


Рис. 10.2. Изменение некоторых химических свойств недrenированной дерново-глеевой почвы под влиянием глубокого рыхления:

1 — контроль (без рыхления); 2 — после рыхления без дренажа на седьмой год последствий

чение коэффициента фильтрации почв. В частности, увеличилось содержание гумуса в нижних горизонтах рыхленной толщи, активизировался процесс глееобразования. Следствием интенсификации этого процесса явились общее подкисление рыхленных горизонтов и увеличение содержания в них аморфного несиликатного железа, ослабление цементационных связей частиц агрегатов оксидами железа (рис. 10.2). Кроме того, в 1,5 раза уменьшилось число основных влагопроводящих пор крупнее 20 мкм, в 1,5...2 раза при просеивании в воде увеличился выход агрегатов диаметром менее 0,25 мм, на порядок и более уменьшились значения коэффициента фильтрации (табл. 62).

62. Изменение некоторых физических свойств недrenированных дерново-глеевых почв на пермских глинах в результате глубокого мелиоративного рыхления. Последствие 7 лет (Котельнический район, Кировская область)

Вариант	Глубина, см	К _ф , м/сут	Сумма агрегатов (просеивание в воде) диаметром < 0,25 мм, %
Рыхление без дренажа	25...33	0,02 ± 0,015	46
	52...60	0,002 ± 0,001	41
	82...90	0,002 ± 0,001	43
Контроль — почва в естественном состоянии	25...33	0,03 ± 0,02	34
	52...60	0,05 ± 0,03	24
	82...90	0,16 ± 0,05	23

Интенсивная деградация недrenированных дерново-глеевых почв в результате их глубокого мелиоративного рыхления, неблагоприятный вторичный водный режим оказывают отрицательное влияние на рост, развитие и урожайность культур полевого севооборота (рис. 10.3). Условия сельскохозяйственного производства приобретают нестабильный характер. На таких почвах после рыхления в засушливые и реже в

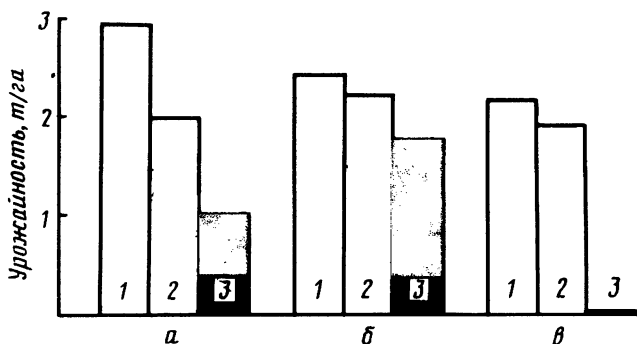


Рис. 10.3. Урожайность ячменя на незаболоченных дерново-карбонатных (1), слабозаболоченных дерново-глееватых нерыхлых (2) и рыхлых (3) недренированных почвах в годы разной влажности:

а и в — влажные; б — средний по влажности

средние по водности годы можно возделывать лишь однолетние травы с коротким вегетационным периодом (например, редьку масличную) или в острозасушливые годы — яровые зерновые. В средние, влажные и даже в засушливые годы с погодными условиями весной, близкими к норме, полевые культуры на недренированных рыхлых слабозаболоченных дерново-глееватых почвах страдают от избыточного увлажнения, вымокают или их сев и уборка из-за неблагоприятного водного режима оказываются невозможными.

Изложенное позволяет признать, что глубокое рыхление недренированных слабозаболоченных почв в целях улучшения их водного режима и осушения при наличии водосборной площади в агрономическом и мелиоративном отношении нецелесообразно и тем более неоправдано на недренированных почвах с более интенсивным заболачиванием. Поскольку эти наблюдения проведены в Предуралье, т. е. в наиболее континентальных условиях Нечерноземной зоны, сделанный вывод справедлив для слабозаболоченных почв всех гумидных ландшафтов.

Вместе с тем в автономных позициях ландшафта, там, где нет притока склоновых вод, в производственных условиях были получены весьма обнадеживающие результаты по применению глубокого рыхления для повышения плодородия и улучшения физического состояния тяжелых незаболоченных автоморфных почв. Такие наблюдения были выполнены на массиве "Горевский" Кировской области, имеющем неогленные дерново-карбонатные тяжелые почвы.

Опытное поле площадью 18 га было разделено на два участка. Один из них (12 га) в 1977 г. был обработан вкрест глубокими активными рыхлителями, а второй (6 га) — использован как контрольный. Учет урожайности вели путем прямого комбайнирования. В экстремально влажном 1978 г. на участке с глубоким мелиоративным рыхлением автоморфных дерново-карбонатных почв было получено 2,8 т/га овса по сравнению с 1,8 т/га на контроле.

Однако если такие незаболоченные автоморфные почвы оказывались в комплексе со слабозаболоченными недренированными дерново-глебоватыми почвами, то и тогда глубокое мелиоративное рыхление резко ухудшало общий гидрологический режим массива. В этих условиях наблюдались задержка сроков выполнения сельскохозяйственных работ, пятнистые вымочки, а своевременная механизированная уборка культур была затруднена или невозможна.

Из этого следует, что на незаболоченных в целом массивах, образованных автоморфными почвами, решение о целесообразности применения глубокого мелиоративного рыхления следует принимать только после тщательной крупномасштабной почвенно-мелиоративной съемки. При этом комплексность автоморфных и недренированных слабозаболоченных гидроморфных почв (незаболоченных), превышающая 10...15 % общей площади массива, может оказаться основным лимитирующим фактором применения глубокого рыхления таких территорий.

10.2.4. Влияние глубокого рыхления на свойства почв, дренажный сток и урожай

Глубокое рыхление оказывает различное влияние на положение генетических горизонтов и химические свойства почв. В слабокультуренных подзолистых почвах и в подзолах с мощными элювиальными (подзолистыми, A2) горизонтами в процессе рыхления происходят перемещение участков горизонта A2 вверх и обогащение пахотного горизонта фрагментами подзолистого. Одновременно вниз по профилю по ходу стойки рыхлителя, особенно при рыхлении машинами с активными рабочими органами, поступает неплодородный мелкозем горизонта A2. Поэтому профиль почвы при общем улучшении ряда физических свойств (порозности, плотности сложения скелета, фильтрации) может после рыхления *понизить* плодородие по сравнению с исходным состоянием.

На слабоподзоленных (A2 < 5...8 см), дерново-глебовых и глееватых почвах, на хорошо оструктуренных почвах с мощными гумусовыми горизонтами при движении стойки рыхлителя происходит поступление гумусированного мелкозема в нижние слои профиля. Такое перемещение части горизонта A1 в нижние иллювиальные слои почв улучшает их физические свойства, обеспечивает глубокое проникновение корней, в целом улучшает плодородие почв.

Глубокое мелиоративное рыхление направлено на изменение неблагоприятных физических свойств почв, в первую очередь их низкой водопроницаемости. По изменению фильтрации во времени можно судить об эффективности глубокого мелиоративного рыхления, целесообразных сроках повторения этого мероприятия, его влиянии на работу мелиоративной системы. Оценка эффекта глубокого рыхления по плотности скелета почвы часто не позволяет воспроизвести реальную картину изменений. В процессе длительного последствия абсолютные значения плотности скелета почвы постепенно приближаются к

уровню нерыхленных почв. Однако при этом в почве сохраняется густая сеть вторичных трещин, по которым активно мигрирует гравитационная влага. Изучение влияния рыхления по значениям K_f позволяет получить более объективную информацию, чем по другим физическим параметрам.

В зависимости от генезиса почвообразующих пород и длительности последствий рыхления почвы Нечерноземной зоны можно разделить на две группы. В первую входят почвы, образованные на тяжелых, кислых ленточных тонкослоистых глинах. Они отличаются высоким содержанием физической глины и ила (соответственно 80...90 и 40...45 %), способностью к значительному набуханию и скольжению по тонким неоднородным слоям. На таких породах сильнозаболоченные дерново-подзолистые глеевые почвы быстро (через 1...2 года) восстанавливают свои исходные неблагоприятные физические свойства. Выполнение работ по глубокому мелиоративному рыхлению почв здесь связано со значительными энергозатратами. Урожайность культур через 2 года на рыхленных почвах, приуроченных к ленточным глинам, значимо (при вероятности 0,95) не отличаются от контроля, хотя часто его модальные значения остаются несколько выше. Все это позволяет признать, что глубокое мелиоративное рыхление (как и кротование) на сильнозаболоченных тяжелых кислых почвах на ленточных тонкослоистых кислых глинах неэффективно. В этом случае особое значение приобретают агро-мелиоративные мероприятия по организации и ускорению поверхностного стока.

Вторую группу образуют тяжелые почвы на моренных, покровных лессовидных, пермских и аллювиальных почвообразующих породах. В них наблюдается длительное последствие глубокого мелиоративного рыхления. Эта группа почв отличается тем, что они не обладают способностью к столь интенсивному набуханию, как ленточные глины, скольжению; характеризуются значительным сцеплением.

Возникающая в процессе глубокого рыхления сеть вторичных трещин заполняется гумусированным мелкоземом. В результате глубокого мелиоративного рыхления изменение порового пространства почв происходит главным образом за счет изменения межагрегатной порозности. Внутриагрегатная порозность, как правило, существенно не меняется. Лишь незначительное ее уменьшение было обнаружено в случае, когда рыхлению подвергались глеевые горизонты в состоянии интенсивного увлажнения, приуроченные к поверхностным слоям почвенного профиля. Увеличение межагрегатной порозности приводит к повышению фильтрации, степени дренированности почв. Наиболее стабильно высокие значения K_f наблюдаются ниже подпахотного горизонта в слое 40...70 см.

В настоящее время по ряду массивов Нечерноземной зоны получены данные, которые позволяют оценить эффект последствий через 10 лет. Так, по массиву "Порецкий" автором и В. В. Гусевым установлены длительная сохранность и весьма высокие абсолютные значения K_f на рыхленных почвах в условиях продолжительного залужения (табл. 63). При этом на рыхленных глееватых почвах через 10 лет после-

63. Влияние длительного последствия активного и пассивного глубокого рыхления слоя 30...80 см дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почв на кислых тяжелых суглинках на K_f , м/сут*. Залужение в течение 5 лет (совхоз "Порецкий", Московская область, 1987 г.)

Год рыхления	До рыхления	После рыхления	
		активными рыхлителями	пассивными рыхлителями
<i>Боковая водопроницаемость</i>			
3-й	0,02	0,20	1,49
8-й	0,04	0,24	0,70
<i>Вертикальная водопроницаемость</i>			
3-й	0,07	0,40	0,27
8-й	0,05	0,37	0,32

* Среднеарифметические значения из 3...5 определений. Боковая водопроницаемость определена методом восстановления уровня воды в скважине; вертикальная — методом заливаемых квадратов по Н. А. Качинскому.

действия наблюдалось устойчивое повышение урожая трав и зерновых (на 10...17 %).

Несколько иначе формируется гидрологическая обстановка в условиях интенсивного полевого севооборота с использованием современной колесной техники. В этом случае интересные данные были получены при оценке эффекта последствия рыхления на тяжелых дерново-подзолистых дренированных почвах на лессовидных легких глинах в Вологодской области на массиве "Сахарово-Лихтошь". При выполнении почвенно-гидрологических работ А. В. Белым было установлено, что непосредственно после рыхления ординаты гидрографа на рыхленных участках имеют меньшие абсолютные значения, чем на контроле (рис. 10.4). Затем после полного обводнения профиля сток на рыхленных почвах существенно возрастает, и его максимальные модули удается обнаружить на системах с глубокой обработкой профиля. Это явление наблюдается в почвах на моренных, покровных, пермских глинах даже тогда, когда при низкой водопроницаемости профиля используется обратная гумусированная засыпка. Вместе с тем в почвах на ленточных глинах гидрограф дренажного стока на рыхленных и нерыхленных вариантах, а также его общий слой оставались весьма близкими. Резкое возрастание стока в последнем случае можно было обнаружить лишь при замене обратных глинистых засыпок на песчано-гравелистые траншейные фильтры.

Повышенная порозность рыхленных почв объясняет причины гестезиса подъема и спада стока с дренированных рыхленных и нерыхленных почв. На тяжелых дерново-подзолистых почвах массива "Сахарово-Лихтошь" Вологодской области показано, что период подъема отличается большими модулями стока на нерыхленном (контрольном) участке, чем на рыхленных. Во время спада паводка, напротив, макси-

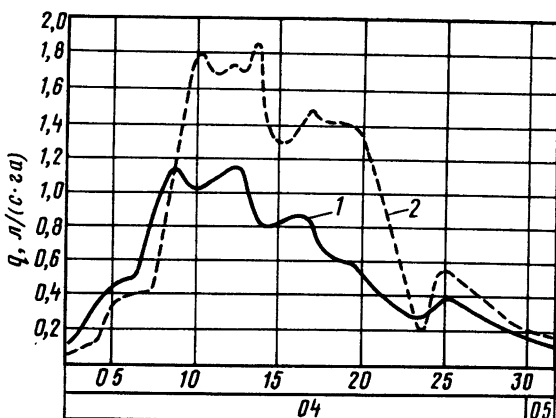


Рис. 10.4. Гидрограф дренажного стока на нерыхленых (1) и рыхленых (2) дерново-подзолистых глеевых почвах на лессовидных легких глинах в первый год эксплуатации (мелиоративный почвенно-гидрологический стационар "Сахарово-Лихтошь")

мальными оказались модули стока на рыхленном массиве. Спустя 4 года последствия в почвах на лессовидных легких глинах этот феномен резко ослабевал или не проявлялся вообще.

Одновременно с этими изменениями наблюдается снижение урожая зерновых и других культур. Через 3...4 года в условиях интенсивного севооборота на малогумусных кислых почвах урожай опускается до уровня урожая на нерыхленных контрольных участках (рис. 10.5). Это обусловлено формированием уплотненного подпахотного горизонта с K_f , близким к исходному. Таким образом, возникает необходимость вторичного рыхления этого уплотненного слоя.

Наконец, промежуточное положение с длительной сохранностью эффекта глубокого мелиоративного рыхления можно наблюдать на дренированных глеевых почвах на глинистом карбонатном элювodelювии пермских отложений. Эти почвы обладают высоким содержанием гумуса, значительной карбонатностью и повышенной агрегированностью. На рисунке 10.6 показан режим влажности дренированной перегнойно-глеевой глинистой почвы в условиях 8-летнего последствия глубокого мелиоративного рыхления. Это мероприятие в рассматриваемых почвах обеспечило поддержание наиболее благоприятного режима влажности на протяжении всех влажных и средних по осадкам лет 8-летнего периода наблюдений. Лишь в исключительно засушливый 1979 г. с 90 %-ной обеспеченностью осадков в условиях континентального климата Приуралья на рыхленных перегнойно-глеевых почвах в результате снижения влажности в поверхностном слое горизонта A_p ниже ВРК наблюдалось некоторое снижение урожайности (табл. 64). В средние и влажные годы благодаря ликвидации очагов избыточного увлажнения в слое 0...40, 45 см урожайность всех культур

64. Влияние длительного последствия глубокого мелиоративного рыления на урожайность районированных культур на перетнойно-глеевых глинистых почвах на элюво-делюви пермских отложений (мелиоративный почвенно-гидрологический стационар "Ивакинские пашни", Кировская область) *

Вариант	Расстояние между дренами, м	Редька масличная	Ячмень				Яровая пшеница	Овес		Среднеголетний % контроля				
			1977	1978	1979	1980		1981	1985					
Контроль	10	28,8	100	4,58	100	2,25	100	1,70	100	—	—	2,27	100	100
	20	26,3	100	4,16	100	2,31	100	1,49	100	1,59	100	1,56	100	100
	40	23,9	100	3,56	100	3,20	100	1,14	100	1,31	100	1,54	100	100
Пассивное рыхление (РУ.65.2.5)	10	32,5	113	5,16	113	3,93	175	1,39	82	—	—	2,57	113	119
	20	30,2	115	4,97	119	2,45	90	1,92	129	1,68	106	2,30	147	118
	40	31,0	130	4,71	131	3,51	110	1,68	147	2,89	221	1,80	117	143
Рыхление активными рыхлителями (WS-I и WS-II)	20	30,2	115	5,11	123	2,27	84	2,05	138	2,13	134	2,75	176	128
	40	28,4	120	4,82	134	2,43	76	1,11	97	1,60	122	2,70	175	133

* В числителе — т/га, в знаменателе — %.

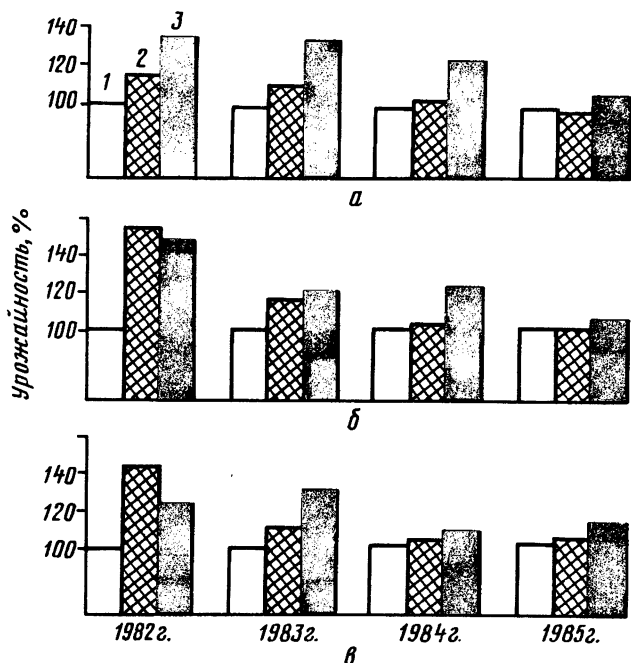


Рис. 10.5. Влияние последствий глубокого мелиоративного рыхления на урожайность зерновых. Дренажированные дерново-подзолистые глееватые почвы на легких лессовидных глинах (мелиоративный почвенно-гидрологический стационар "Сахарово-Лихтошь") :

a и *б* — междренные расстояния (*E*) — 20 м; *б* — 40 м; 1 — контроль; 2 — рыхление пассивными рыхлителями; 3 — то же, активными

при оптимальном междренном расстоянии 20 м превышала контрольные значения на 15...50 % по отдельным годам, а за весь период наблюдений — в среднем по всем культурам на 18...28 % (соответственно при рыхлении рыхлителями пассивного и активного действия).

Такое длительное благоприятное влияние глубокого рыхления на режим влажности и урожайность обусловлено изменением физических свойств и усилением внутрипочвенного стока. Влияние этих факторов отчетливо проявляется в изменении рисунка гидрографа дренажного стока под влиянием глубокого рыхления на восьмой год его последствий (рис. 10.7).

Существенно и то, что глубокое рыхление резко сократило (см. рис. 10.6) продолжительность неблагоприятных периодов для нормальной работы сельскохозяйственной техники. Такие периоды во время сева и уборки на рыхленных участках были в 2...3 раза короче, чем на нерыхленных.

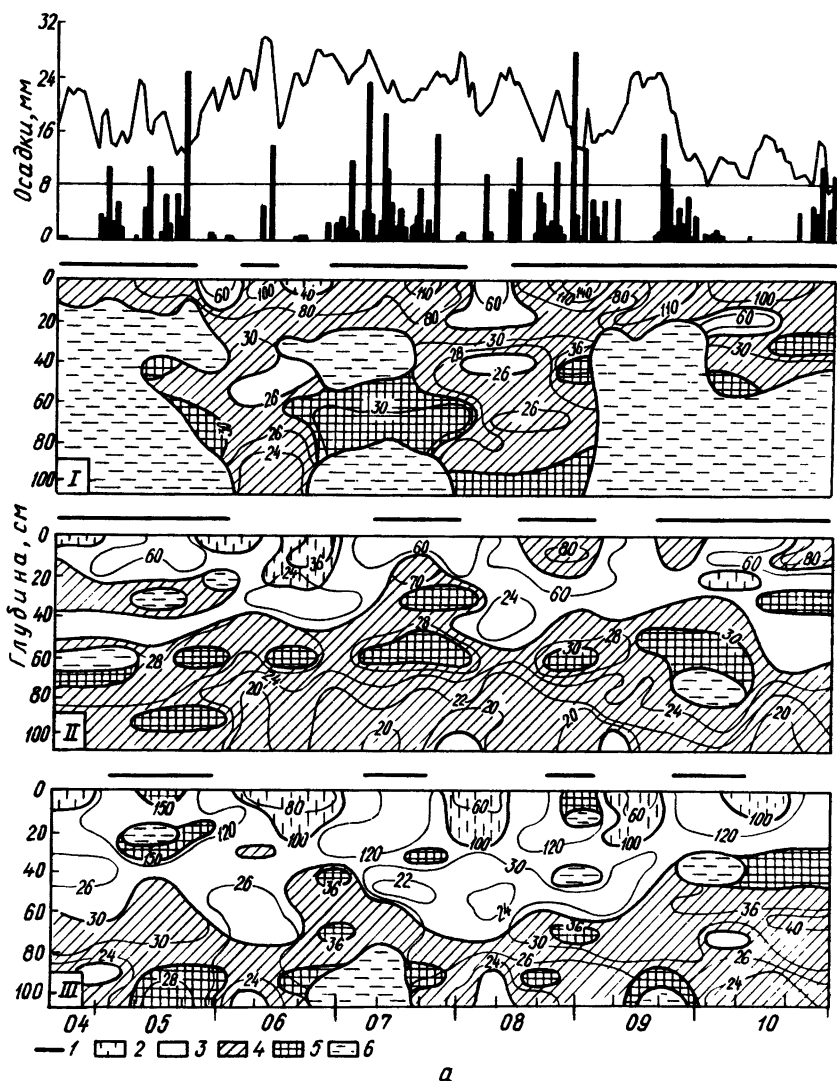
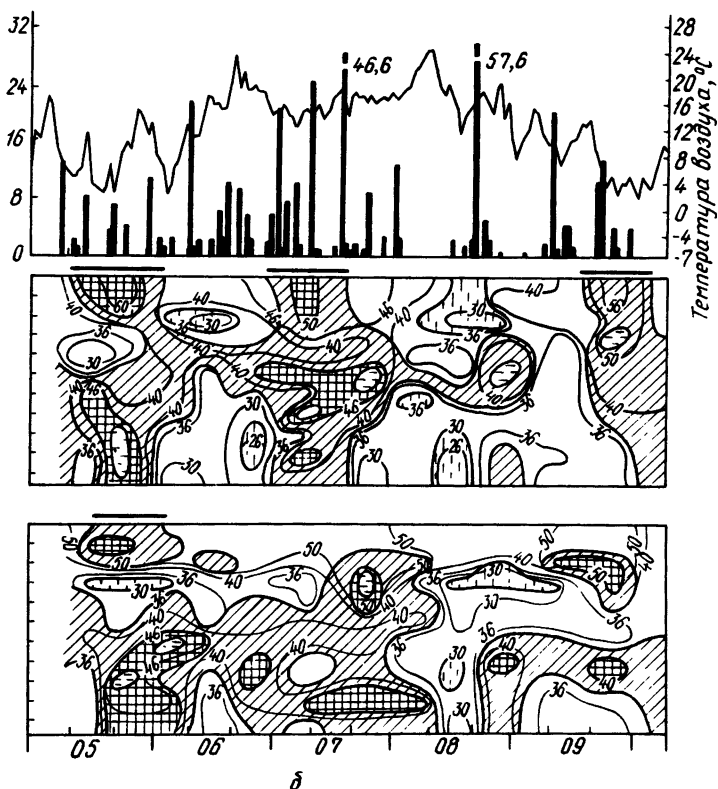


Рис. 10.6. Режим влажности и верховодки тяжелых перегнойно- (мелиоративный почвенно-гидрологический стационар "Ивакинские
а – 1980 г. (третий год последствий); *б* – 1985 г. (восьмой год дренированная ($E = 20$ см), контроль; *III* – дренированная ($E =$ ность выше 75 % ПВ; 2 – менее 0,7ППВ; 3 – 0,7ППВ...ППВ;

Рассмотрим и весьма существенный для практики факт снижения урожая в экстремально сухие годы на рыхленных перегнойно-глеевых почвах. В этом случае готовность дренированных и рыхленных перегнойно-глеевых почв к севу наблюдается значительно раньше норма-



глеевых почв на глинистом элюводеплювии пермских отложений пашни”):

последствия); почвы: I — недренированная; II — нерыхленая 20 м), рыхленая активными рыхлителями WS-I и WS-II; I — влаж-4 — ППВ...0,9ПВ; 5 — 0,9ПВ...ПВ; 6 — ПВ (верховодка)

тивных сроков их обработки. Поэтому для снижения возможного ущерба на таких почвах особенно важно соблюдение сроков выполнения сельскохозяйственных работ в условиях их агрономической ”спелости”. На менее заболоченных — дерново-глееватых оподзоленных

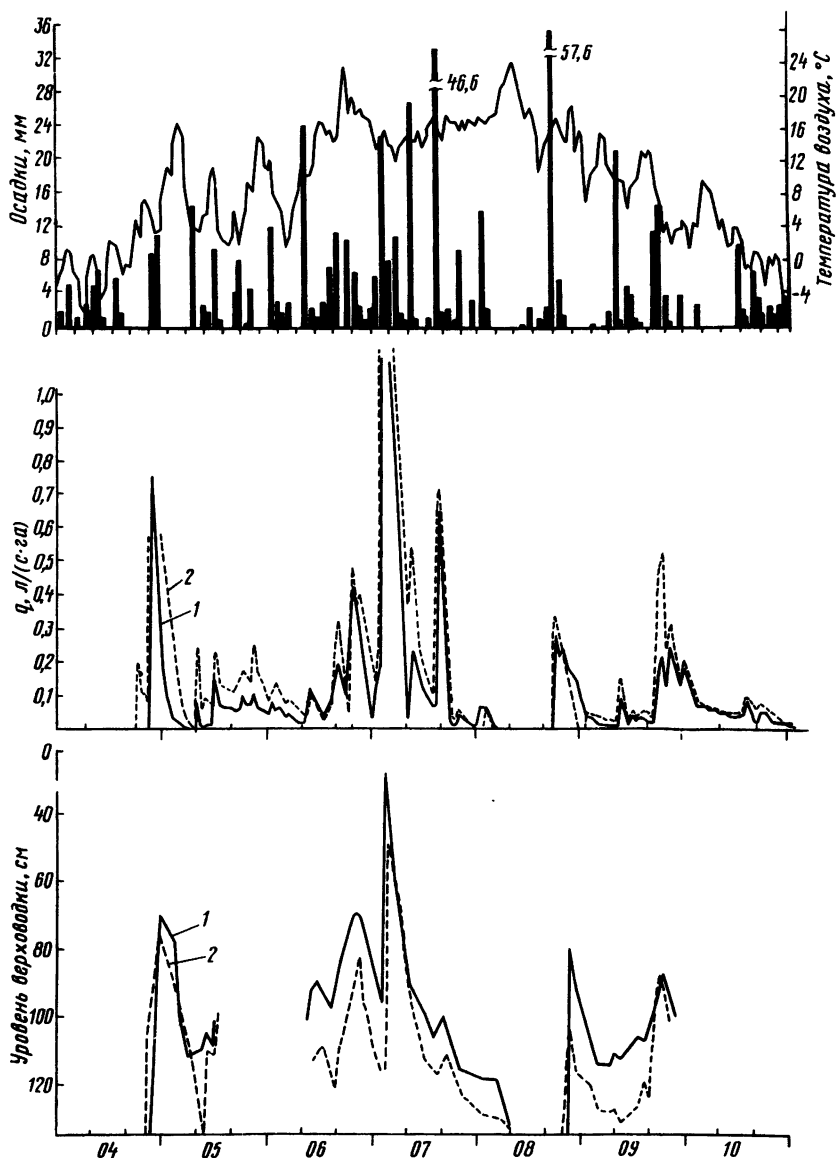


Рис. 10.7. Модули дренажного стока и режим верховодки на дренированных ($E = 20$ м) перегнойно-глеевых почвах на глинистом элюводелювии пермских отложений – восьмой год последействия (мелиоративный почвенно-гидрологический стационар "Ивакинские пашни", 1985 г.)

1 – нерыхленные почвы; 2 – почвы, рыхленные активными рыхлителями WS-I и WS-II

почвах Предуралья — рыхление вызывает излишнее иссушение поверхностных слоев в условиях регулярной поздневесенней — раннелетней засухи и регулярное (в сухие и средние годы) неоправданное снижение урожайности по сравнению с нерыхленными почвами. Поэтому его выполнение на таких слабозаболоченных почвах нецелесообразно вообще, и оно может быть с успехом заменено кротованием.

Эффект глубокого мелиоративного рыхления, как было показано выше, обусловлен действием вторичных межагрегатных трещин. Установлено, что, казалось бы, исчезнувшая сеть трещин после длительного последствия (через 9 лет), невидимая в сыром состоянии, немедленно восстанавливается при высыхании почвы. Поскольку трещины при набухании затягиваются постепенно, особо высокой стабильностью отличаются трещины, заполненные гумусом. Они длительно действуют как активные вторичные влагопроводящие поры профиля.

Все эти факторы объясняют причины стабильности высоких значений K_{ϕ} на глубинах 40...70 см. Полученные данные позволяют признать, что последствие глубокого мелиоративного рыхления по значениям K_{ϕ} в почвах второй группы прослеживается на протяжении 8...12 лет (табл. 65).

Вероятно и более длительное последствие глубокого рыхления, которое может быть установлено дальнейшими исследованиями. В этой связи отметим интересное сообщение (Schröder, Schulte-Karring, 1984), в котором авторы на почвах типа псевдоглей на тяжелых лесовидных породах в ФРГ показали значимое влияние глубокого мелиоративного рыхления активным рыхлителем "Брениг" на протяжении двадцати лет. После такого продолжительного срока последствия в рыхленных почвах наблюдались увеличение общего объема дренажного стока на фоне его замедления в начальной фазе, повышенная водопроницаемость и более высокая урожайность по сравнению с контролем, а также увеличение средней урожайности зерновых с 6,1 т/га на 2...11 % только за счет глубокого рыхления и на 13...28 % при его сочетании с удобрением.

Вместе с тем пока общесоюзные и иные руководства предусматривают систематическое повторение глубокого мелиоративного рыхления через каждые 3...4 года. В этой связи полученные в Нечерноземной зоне данные показывают, что в первые годы после рыхления почв независимо от вида рыхлителей урожайность культур, как правило, оказывается выше, чем на нерыхленных почвах. В дальнейшем происходит прогрессивное снижение урожайности до уровня контроля. Через 3...4 года урожайность на контрольных и рыхленных почвах в условиях полевых севооборотов оказывается практически тождественной.

Причина этого явления связана с тем, что под влиянием тяжелой колесной техники происходит интенсивное уплотнение подпахотных горизонтов. В зоне, приуроченной обычно к глубинам 25...45 см, через 3...4 года восстанавливаются неблагоприятные водоупорные свойства подпахотного горизонта. На нем может застаиваться вода снеговых и дождевых паводков, вызывает угнетение сельскохозяйственных культур. Все эти данные, полученные в разные сроки, на разных почвах и поч-

65. Относительное увеличение K_f в зоне сплошного рыхления сточными рыхлителями в слое 40...70 см на 1-й год после рыхления на глубину 0...80 см и продолжительность последствия. Определение боковой фильтрации по восстановлению уровня воды в скважине*

Почвообразующие породы	Механический состав почв в зоне рыхления	Почвы и степень их оглеения	Относительное увеличение K_f подпахотных горизонтов после рыхления (по сравнению с K_f нерыхленной толщи, число раз)							
			1-й год	2-й год	3-й год	5-й год	7-й год	8-й год	10-й год	
Кислые моренные суглинки	Средне-тяжелосуглинистый, легкоглинистый	Дерново-подзолистые глееватые	10...14**	5...8	5...8	5...8	5...8	5...9	5...6	
Кислые покровные лесовидные суглинки	Средне-тяжелосуглинистый, легкоглинистый	Глеевые	8...12	5...8	5...8	4...5	4...5	4...5	3...4	
		Дерново-подзолистые глееватые	8...12	5...8	5...8	5...8	5...8	5...8	5...6	
		Глеевые	8...10	3...5	3...5	3...5	3...5	3...5	3...4	
		Дерново-глееватые (оподзоленные) глееватые	8...12	Не определены	6...8	6...8	6...8	6...8	4...5	
Ленточные глины	Тяжелые глины	Дерново-глееватые перетнойно-глеевые	10...20	То же	8...10	8...10	8...10	8...10	4...6	
		Дерново-подзолистые глееватые	50...100	8...10	8...10	8...10	5...7	5...7	4...5	
		Глеевые	50...100	1...2	1...2	1...2	1...2	1...2	1...2	

* В получении этих данных, кроме автора, принимали участие В. А. Замыцкий, В. А. Плавинский, А. А. Жиров, Э. Э. Бабышко, В. В. Гусев, И. В. Резников.

** Максимальное увеличение K_f в зоне прохода стойки рыхлителя.

вообразующих породах (Зайдельман, Гинзбург, Гусев, 1985; Зайдельман, Плавинский, Белый, 1986) Нечерноземной зоны позволяют внести принципиальные изменения в общепринятую технологию рыхления. Они заключаются в следующем.

В почвах на покровных лессовидных, аллювиальных, моренных, пермских тяжелых суглинках и глинах срок воспроизводства глубокого мелиоративного рыхления в эксплуатационный период должен определяться продолжительностью исчезновения эффекта рыхления в слое глубже 25 см. Если здесь после рыхления сохраняется высокая водопроницаемость спустя 5...8 лет и более, а на глубине 20...40 см в результате работы сельскохозяйственной техники возникает водоупорный горизонт, то следует применить мелкое (поверхностное) рыхление. Поверхностное агрономическое рыхление выполняет хозяйство в эксплуатационный период для разрушения вторичного водоупорного горизонта на глубине 20...40 см. Мелкое рыхление необходимо для восстановления гидравлической связи всех горизонтов почвенного профиля, его можно заменить чизелеванием на глубину 40...45 см (рис. 10.8).

Эту задачу можно решить также, используя предложенный "Шахтный плуг" (Zehfeldt, Paul и др., 1987), который одновременно с пахотой выполняет рыхление в узкой зоне "шахт", отстоящих друг от друга на 35 см. Ширина "шахты" 10 см, высота 20 см. Такие вертикальные рыхленые прямоугольники в толще подпахотных горизонтов (22...42; 45 см) стабильны даже в легких почвах и восстанавливают гидравлическую связь пахотного горизонта и рыхленной толщи ниже уплотненного пахотного слоя.

Повторное глубокое мелиоративное рыхление выполняют в эксплуатационный период только после исчезновения эффекта рыхления в

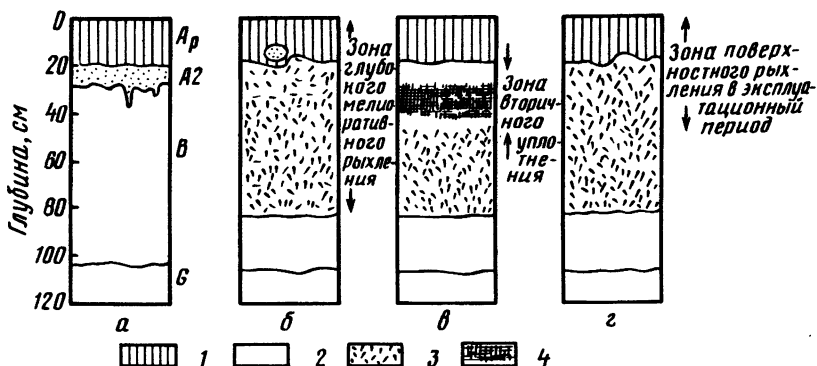


Рис. 10.8. Изменение сложения тяжелых почв после глубокого мелиоративного (0,8...1,0 м) рыхления, уплотнения и повторного разуплотнения при использовании поверхностного рыхления в эксплуатационный период ($H = 0,4...0,45$ м):

а — исходный профиль; б — после глубокого рыхления; в — после 3...5 лет эксплуатации; г — после поверхностного рыхления (чизелевания); 1 — пахотный горизонт; 2 — плотные горизонты; 3 — горизонты повышенной водопроницаемости после рыхления; 4 — вторичный водоупорный горизонт, возникший после глубокого рыхления

слое 40...70 см. Следует исходить из того, что в почвах на тяжелых моренных, покровных, пермских и аллювиальных почвообразующих породах длительность последствий глубокого рыхления при использовании гусеничной сельскохозяйственной техники или при размещении на рыхленных почвах сенокосных и пастбищных угодий сохраняется до 8...12 лет (вероятно, дольше). В таких случаях глубокое мелиоративное рыхление возможно один раз в 8...12 лет, поверхностное — через 3...4 года и реже. При использовании тяжелой колесной техники с большим удельным давлением на почву ($> 60...80$ кПа) и особенно в процессе эксплуатации почв во влажные периоды или годы эффект глубокого рыхления исчезает значительно быстрее (через 3...5 лет). В последнем случае целесообразно заменять глубокое рыхление кротованием почв на глубину 60...70 см с чизелеванием.

10.2.5. Условия, лимитирующие применение глубокого мелиоративного рыхления

Применение любого способа мелиорации лимитируют определенные климатические, почвенно-мелиоративные и организационные условия. Это особенно отчетливо можно проследить в отношении агро-мелиоративных мероприятий, поскольку последние направлены на изменение физических свойств почв и рельефа, а их реализация протекает непосредственно в мелкоземистой толще различных генетических горизонтов. На основе изложенных данных в настоящее время можно назвать десять (табл. 66) условий, исключающих возможность применения или определяющих нецелесообразность глубокого мелиоративного рыхления почв Нечерноземной зоны.

66. Условия, лимитирующие применение глубокого мелиоративного рыхления почв Нечерноземной зоны

Условие	Почвы	Решение
1. Отсутствует возможность интенсивного известкования и удобрения почв на глубину рыхления	Кислые подзолистые, дерново-сильноподзолистые почвы, подзолы на покровных, моренных, озерно-ледниковых отложениях	Замена глубокого сплошного рыхления кротованием
2. Быстрое восстановление исходных неблагоприятных физических свойств после рыхления; высокая энергоемкость процесса рыхления	Кислые или нейтральные глеевые почвы на тонкослоистых ленточных глинах	Замена глубокого рыхления (кротования) мероприятиями по ускорению и организации поверхностного стока
3. Позднеевесенняя-раннелетняя засуха в условиях континентального климата Предуралья, снижение урожая на рыхленных слабоза-	Дерново-глееватые оподзоленные (слабоглееватые) почвы на элювии пермских отложений в комплексе с сильнозабо-	Отказ от глубокого рыхления слабозаболоченных дерново-глееватых оподзоленных почв. Глубокое рыхление только сильно-

Условие	Почвы	Решение
болоченных дренированных почвах в результате иссушения поверхностных горизонтов в начале вегетации	болоченными почвами	заболоченных (глеевых) почв
4. Аккумуляция поверхностного стока в горизонтах почвенного профиля, резкое ухудшение гидрологических условий, интенсивное вторичное заболачивание в результате рыхления недренированных оглеенных почв	Глееватые и глеевые почвы различных генетических типов	Отказ от глубокого рыхления оглеенных недренированных почв в целях улучшения их водного режима. Осушение путем сочетания гидротехнических и агро-мелиоративных мероприятий
5. Высокая каменистость почв	Почвы разной степени заболоченности и различного генезиса на моренных отложениях	Замена сплошного рыхления на рыхление по полосам при наличии камня диаметром до 30 см, объемом менее 50 м ³ /га и валунов до 60 см в количестве 2...3 на 100 м траншеи. При большой каменистости отказ от глубокого рыхления
6. Систематическая обработка влажных почв сельскохозяйственными машинами с высоким удельным давлением на почву	Почвы разной степени заболоченности на суглинистых и глинистых породах разного генезиса	Отказ от глубокого рыхления. Кротование
7. Высокая водопроницаемость структурных глинистых почв	Пойменные зернистые, лугово-бурые и луговые, в разной степени заболоченные, хорошо структурные и водопроницаемые почвы ($K_{\phi} > 0,3...0,4$ м/сут). В профиле отсутствуют водупорные горизонты	Отказ от глубокого рыхления и кротования
8. Застой воды на подпахотных водоупорных горизонтах органогенных почв	Органогенные почвы различного ботанического состава, степени разложения и мощности	Отказ от глубокого рыхления из-за ускоренной сработки торфа. Возможна замена на кротование при степени разложения торфа $\leq 50\%$
9. Интенсивное обводнение поверхностных горизонтов почв перед началом работ по глубокому мелиоративному рыхлению	Почвы различного генезиса и состава	Предварительная подсушка дренированных почв с помощью кротования; рыхление после наступления благоприятной влажности
10. Мерзлотные горизонты мощностью более 5...7 см с поверхности или в толще рыхления	То же	Рыхление после оттаивания мерзлотных горизонтов и наступления благоприятной влажности

10.3. ПЕСКОВАНИЕ И ПЕСЧАНАЯ ПОКРОВНАЯ (РИМПАУСКАЯ) КУЛЬТУРА ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

Осушенные торфяные почвы как объект сельскохозяйственного использования отличаются рядом особенностей, осложняющих их эксплуатацию. Они обладают незначительной плотностью скелета ($0,2...0,3 \text{ г/см}^3$) пахотного и нижележащих горизонтов ($0,15...0,30 \text{ г/см}^3$), высокой порозностью, незначительным содержанием твердой фазы в единице объема. После осушения этим почвам свойственны низкая температуропроводность, повышенная (по сравнению с минеральными почвами) влагоемкость и теплоемкость. Поэтому они промерзают медленнее и на меньшую глубину, чем минеральные почвы, но медленнее и оттаивают. Торфяные почвы в начале вегетации оказываются более холодными. Кроме того, они обладают низкой несущей способностью и подвержены в процессе обработки существенной деформации. Летом в жаркие дни их темноокрашенные поверхности интенсивно прогреваются (в южной тайге до $40...50^\circ\text{C}$ и более), а ночью благодаря неглубокому проникновению высоких температур быстро остывают. Поэтому в летний период они характеризуются значительной температурной амплитудой.

Таким образом, растения на торфяных почвах *слабее* укореняются и часто развиваются в неблагоприятных температурных условиях; почвы при обработке подвергаются опасному сжиманию, поверхностный сухой мульчирующий слой подвержен опасности легкого возгорания. Все эти обстоятельства определяют необходимость изменения неблагоприятных физических свойств поверхностных горизонтов почвенного профиля. Принципиальная направленность агромелиоративных мероприятий в этом случае должна заключаться в повышении плотности скелета их твердой фазы. Очевидно, что это изменение плотности скелета не должно осуществляться за счет искусственного уплотнения органической толщи.

В этой связи отметим, что уплотнение нередко возникает при длительном использовании органогенных почв в овощных севооборотах и особенно при монокультуре овощных. В результате происходит формирование водоупорных горизонтов. Длительный застой влаги на верхней кровле водоупора ухудшает условия обработки, рост и развитие растений, работу дренажа. Для устранения этих явлений используют глубокое рыхление и кротование. Однако на торфяных почвах глубокое рыхление нецелесообразно вообще, поскольку в отличие от кротования оно вызывает вспышку биохимического разложения органической массы, нежелательное обезвоживание торфа и потерю несущей способности. Применение кротования (обычно на торфяных почвах со степенью разложения менее 50 %) целесообразно не только для аэрации и усиления эффекта осушения, но и для ликвидации вторичных уплотненных водоупорных органогенных горизонтов, возникающих в результате применения тяжелой техники. С такими явлениями обычно приходится сталкиваться при длительном использовании торфяных почв (в том числе и торфяных высокозольных

почв, например, в долине р. Яхрома Московской области) в овощных севооборотах при недопустимой в этих условиях монокультуре пропашных.

С целью улучшения физических свойств поверхностных горизонтов торфяных почв в практике сельскохозяйственного производства используют пескование. Этот способ агромелиорации повышает их несущую способность, оказывает благоприятное влияние на гидротермический режим почв и урожай. Агрономические основы пескования торфяных почв разрабатывались Бременской опытной болотной станцией (Такке, 1930) и в нашей стране (Вознюк, Оленевич, Лыко, 1978; Оленевич, 1986; Белковский, Зоткин, 1986, и др.).

Сущность пескования заключается в том, что в пахотный горизонт торфяных почв вносят песок в объеме 200...600 м³/га. При обработке торф перемешивают с песком. Формируется горизонт с новыми, более благоприятными для растений свойствами.

Второй способ изменения физических свойств торфяных почв с помощью песка получил название песчаной покровной или римпауской культуры. Он был предложен Г. Римпау в Саксонии в 1782 г. В этом случае на поверхности торфяной почвы создают мощный (14...15 см) песчаный пахотный слой, который в дальнейшем подвергают обработке с очень осторожным припахиванием незначительного количества торфяного материала. В легкий пахотный горизонт вносят органические и минеральные удобрения. Здесь развивается основная масса корней. Опасно увеличение слоя песка до 20...25 см и более, поскольку в этом случае затруднено проникновение корней в более глубокие торфяные горизонты, а песчаный горизонт сложнее поддается окультуриванию.

Способ песчаной покровной культуры в настоящее время получил очень широкое распространение в ФРГ, Швеции и других европейских странах. Существенно, что весь процесс формирования покровной песчаной культуры в настоящее время полностью механизирован в результате применения шнековых устройств, смонтированных на тракторе (кульмашина). Шнек погружают на глубину 2,5...3,0 м под слой торфа в подстилающий песок. Затем с помощью шнекового устройства песок извлекают на поверхность и распыляют по полю таким образом, что при одном проходе машины формируется песчаная полоса шириной 6...7 м и мощностью 14...15 см (Göttlich, Kuntze, 1980).

Важное следствие воздействия на почву пескования и песчаной покровной культуры — резкое сокращение продолжительности, а часто и самой возможности возникновения заморозков на осушенных болотных массивах. По наблюдениям Б. Такке, как примешивание песка, так и покрытие им "существенно улучшает тепловые и водные условия болотной почвы, не говоря уже о прочих влияниях, как облегчение обслуживания, повышение грузоподъемности". Особое значение пескование приобретает как действенный способ борьбы с заморозками. Заморозки на осушенных торфяных почвах связаны с сильным излучением тепла в ясные безветренные ночи. При этом повреждения растений от заморозков на болоте наступают при сухом (а не влажном) поверхностном слое почвы. Это положение подтверждено прямыми

экспериментами на участках болотного массива, осушенного с разной интенсивностью. Средние глубины грунтовых вод находились соответственно на 0,25, 0,5 и 1,5 м. В 15-летних опытах установлено, что на слабоосушенных участках почти не наблюдалось повреждения растений от мороза, тогда как на интенсивно осушенных почвах обнаруживались регулярно. Высохшая поверхность почвы обладает меньшей теплоемкостью, меньшим запасом тепла и потому в большей степени подвержена резким перепадам температур и заморозков, чем влажная почва.

В. И. Белковский и В. П. Зоткин (1986) установили, что пескование низинных болотных почв Белорусского Полесья способно полностью предотвращать заморозки или сводить их к минимуму. Так, в третьей декаде апреля при снижении температуры на поверхности торфяной почвы до $-2,5^{\circ}\text{C}$ (контроль) в варианте с внесением $600\text{ м}^3/\text{га}$ песка минусовая температура не была зарегистрирована вообще. При заморозках в первой декаде мая $-1,7^{\circ}\text{C}$ в вариантах с добавлением песка она составляла -1°C ($200\text{ м}^3/\text{га}$), $-0,5^{\circ}\text{C}$ ($400\text{ м}^3/\text{га}$) и $0,3^{\circ}\text{C}$ ($600\text{ м}^3/\text{га}$). Особый интерес представляют данные о том, что более благоприятные температурные условия были созданы не только в поверхностном слое почвы, но и в приземном слое воздуха. Так, на высоте 20 см от поверхности температура воздуха на контроле составила $-9,1^{\circ}\text{C}$, а на подвергнутых пескованию почвах нормами 200 и $400\text{ м}^3/\text{га}$ — соответственно -6 и -3°C (над дерново-подзолистой почвой температура воздуха в это же время была $-1,2^{\circ}\text{C}$).

Значительный интерес вызывает вопрос о влиянии минеральных добавок на скорость разложения и минерализацию органического вещества. После формирования однородной органо-минеральной смеси в поверхностном пахотном горизонте минерализация органического вещества возрастает в 1,5...2,0 раза. Однако ниже пахотного слоя скорость минерализации замедляется примерно в 2 раза по сравнению с тождественным слоем на контроле (Белковский, Зоткин, 1986). Чем больше доза внесения песка в пахотный слой, тем сильнее проявляется его тормозящее действие на биологическую активность подпахотных горизонтов. В результате такого комплексного действия пескование в климатических условиях южнотаежной подзоны оказывает положительное влияние на урожай широкого набора сельскохозяйственных культур (табл. 67).

Н. Н. Бамбаловым (1984) установлено, что пескование торфяных почв всегда вызывает резкое усиление минерализации органического вещества в пахотном слое (0...15 см) и обычно ослабление этого процесса — в подпахотном (15...30 см). Только после применения дозы $1000\text{ м}^3/\text{га}$, т. е. практически при создании слоя песка, близкого к римпауской культуре, происходит существенное снижение минерализации торфа как в пахотном, так и, особенно, в подпахотном горизонтах.

Повышение урожайности на торфяных почвах после пескования обусловлено не только улучшением гидротермических условий, но и некоторым усилением нитрификации в пахотном горизонте. В отли-

67. Урожайность сельскохозяйственных культур при внесении минеральных добавок в хорошо разложившуюся торфяную почву, т/га (В. И. Белковский, В. П. Зоткин, 1986)

Вариант	Ячмень	Озимая рожь	Кукуруза	Картофель	Райграс однолетний (сухое вещество)	Многолетние травы (сухое вещество)
Торфяная почва (контроль)	3,27	3,37	51,2	26,77	7,65	70,8
Торфяная почва + песок, м ³ /га:						
100	3,58	3,65	53,6	28,82	8,05	—
200	3,73	3,79	56,1	27,84	9,03	7,95
300	3,74	3,82	58,7	28,08	9,16	7,70
400	3,69	3,72	58,9	28,16	9,60	7,56
600	3,51	3,58	56,0	26,94	9,82	7,62
Торфяная почва + 200 м ³ /га глины	3,66	3,43	53,3	24,92	9,34	7,81

Примечание. Фон удобрений под ячмень, озимую рожь, райграс однолетний — Р₆₀К₁₀₀, под кукурузу, картофель — Р₉₀К₁₅₀; под многолетние травы — Р₆₀К₁₀₀.

чие от пескования покровная песчаная (римпауская) культура создает условия для более полной консервации органического вещества всех горизонтов торфяной почвы.

Роль пескования может оказаться особенно существенной при сельскохозяйственном освоении осушенных торфяных почв северных территорий, особенно в средней и северной тайге Нечерноземья, поскольку в высоких широтах нитрификация и разложение органического вещества весьма ослаблены. В определенных условиях в этом случае на торфяных почвах после пескования возможно возделывание культур полевых севооборотов. Так, Архангельской опытно-мелиоративной станцией при применении пескования на торфяных почвах был получен высокий урожай картофеля. Однако действие пескования под этой культурой оказалось эффективным на протяжении 2...3 лет, причем стоимость работы по внесению 300 м³/га песка окупилась урожаем первого года. В условиях южнотаежной подзоны, основном сельскохозяйственном районе Нечерноземья, окупаемость затрат на пескование не превышала 1...3 года при норме пескования 400 м³/га. При этом сроки окупаемости определялись главным образом дальностью перевозок песка (10 км при норме мелиоранта 400 м³/га, данные Смоленского филиала ВНИИГиМа).

Следует отметить также, что причина исчезновения эффекта пескования через 2...4 года при использовании небольших объемов песка (100...300 м³/га) связана с постепенным "протеканием" кварцевого мелкозема в глубокие слои крупнопористой органогенной толщи.

Поэтому более эффективно и длительнее действуют высокие нормы пескования ($300...600 \text{ м}^3/\text{га}$).

10.4. ПЕСЧАНАЯ СМЕШАННО-СЛОЙНАЯ КУЛЬТУРА БОЛОТНЫХ ПОЧВ

Этот своеобразный агромелиоративный способ культуры осушенных торфяных почв вошел в практику сравнительно недавно. По-видимому, дата его первичного применения приурочена к концу 30-х годов. Впервые сравнительно маломощные торфяные почвы, свободные от погребенной древесины и подстилаемые песком, были подвергнуты пахоте мощными плугами с удлиненными винтовыми отвалами в северо-западной части Германии (Baden, 1958; Kuntze, Vetter, 1980; Eggelsmann, 1984).

В результате такой обработки происходит принципиальное изменение профиля почвы. Горизонтальные слои торфяной почвы разворачивают на $110...140^\circ$ и устанавливают в наклонном положении. Соотношение слоев торфяной почвы и песка при такой вспашке от 2 : 1 (среднезернистый песок) до 1 : 2 (мелкозернистый песок). Такую обработку выполняют на фоне осушения почв каналами при подстилании торфяных горизонтов мощной песчаной толщей. Расчетный уровень воды в канале при этом находится на 20 см ниже глубины обработки, а межканальное расстояние в зависимости от водопроницаемости песка колеблется в широком интервале (от 80 до 250 м) всегда, однако больше, чем при "черной" культуре торфяных почв.

Обработка почв ведется таким образом, чтобы косо поставленные горизонты торфа и песка перекрывались затем сверху слоем песка (15...17 см). В последнем формируют пахотный горизонт. Этот слой, обогащенный органическим веществом торфа, подвергают ежегодной обработке, в него вносят органические и минеральные удобрения.

Таким образом, корневые системы растений используют элементы минерального питания. Близко залегающие к поверхности слои торфа аккумулируют влагу и становятся ее источником для растений, а мощные прослои водопроницаемого песка выполняют функцию стабильного дренажа. Такой способ агромелиорации торфяных почв на песках получил название "немецкой песчаной смешанно-слойной культуры" (Baden, 1958, 1968). В настоящее время в ФРГ мелиорировано таким образом более 480 тыс. га, которые вовлечены в интенсивное сельскохозяйственное производство (Эггельсманн, 1984). В 70-х годах широкомасштабные успешные производственные опыты по такой обработке и мелиорации торфяных почв были предприняты в ГДР (Lorenz, Illner, 1982). Высокая экономическая целесообразность такой культуры торфяных маломощных почв была показана на площади около 5 тыс. га.

Применение песчаной смешанно-слойной культуры болот в Нечерноземной зоне страны представляется весьма перспективным по следующим причинам. В полесьях Нечерноземья маломощные торфяные почвы ($T \leq 1,0 \text{ м}$), находящиеся в естественном или осушенном состоянии, занимают огромные территории в районах, благоприятных для

активного сельскохозяйственного производства. К этой общей площади еще следует добавить около 300 тыс. га выработанных маломощных торфяников Нечерноземья в районах индустриальной торфодобычи. Их вовлечение в сельскохозяйственное производство в условиях "черной" культуры даже при длительном залужении приведет к дальнейшему уменьшению мощности органогенной толщи. При этом, как показали исследования М. И. Окуновой (1957), маломощный крупнопористый слой торфа при отрыве капиллярной каймы грунтовых вод от его основания подвергается интенсивному иссушению и ускоренному разложению.

Следует отметить и еще одну особенность. В профиле маломощных торфяных почв на контакте основания органогенной толщи с песком, как правило, формируется минеральная прослойка небольшой мощности, обогащенная перегноем. Эта прослойка отличается низкой водопроницаемостью и может играть роль водоупора, над которым длительно застаивается вода. Поэтому его механическое разрушение является необходимым мелиоративным мероприятием. Все это позволяет признать, что в таких условиях песчаная смешанно-слоистая культура маломощных торфяных почв улучшит их плодородие и позволит вести активное сельскохозяйственное производство. Вместе с тем очевидно, что широкому внедрению этого способа агро-мелиорации должна предшествовать его тщательная проверка в различных гумидных ландшафтах зоны. Пока имеющиеся данные ограничены Белорусским Полесьем и Мещерой (Белковский, Зоткин, 1986).

Применение смешанно-слоистой культуры торфяных почв резко увеличивает их несущую способность, позволяет раньше (на 8...10 дней) начинать обработку, улучшать влагообеспеченность растений (даже при пониженном залегании уровня грунтовых вод). В экстремально засушливые и влажные годы на таких почвах формируются более благоприятные условия для растений. В зоне развития корней сформированные такой глубокой вспашкой почвы теплее обычных торфяных почв на 3...3,5 °С. В осенний период заморозки на поверхности торфяной почвы в условиях смешанно-слоистой культуры наступают на месяц позже. Наконец, установлены более высокая эффективность удобрений в условиях смешанно-слоистой культуры по сравнению с обычными торфяными почвами, повышенная всхожесть семян и меньшая засоренность посевов, лучшее укоренение и резкое снижение полегания растений.

В Белорусском Полесье, по наблюдениям В. Н. Белковского, урожайность культур на песчаных смешанно-слоистых почвах по сравнению с торфяными оказалась выше: озимой ржи на 0,5...0,9 т/га; озимой пшеницы на 0,27...0,38; ячменя на 0,66...1,3; овса на 1,0...1,2; картофеля на 4,0...5,0; кукурузы на 25,0...26,0 т/га. Эти данные подчеркивают высокую целесообразность применения в СССР на торфяных почвах песчаной смешанно-слоистой культуры. Ее преимущества прежде всего в том, что она позволяет создать новые почвы, которые в отличие от торфяных в условиях "черной" культуры можно неопре-

деленно долго использовать в сельскохозяйственном производстве. Существенно, что при песчаной смешанно-слоистой культуре становится возможным возделывание на торфяных почвах не только луговых, но и культур полевых севооборотов — картофеля, зерновых, овощных. Таким образом, смешанно-слоистая культура существенно расширяет возможности сельскохозяйственного использования торфяных почв.

Современная техника (в частности, плуги фирмы "Оттомайер") позволяет вести работы по созданию смешанно-слоистой песчаной культуры торфяных почв в диапазоне мощностей органогенного горизонта 0,5...2,5 м.

Вместе с тем следует обратить внимание на два важных обстоятельства, которые могут ограничить ее применение. Во-первых, на первом этапе формирования нового профиля почв его пахотный горизонт формируется из подстилающего (оглеенного) песка. Извлеченный на поверхность, такой песок быстро высыхает и подвергается ветровой эрозии. Небольшие количества торфа, поступающие в этот горизонт при обработке, легко и необратимо коагулируют и утрачивают способность к смачиванию. Поэтому особое внимание в этом случае необходимо обратить на борьбу с ветровой эрозией, которая может существенно осложнить процесс формирования нового профиля почвы. Ослабление эрозии или ее полное торможение возможно, в частности, с помощью ранних и повторных посевов (например, однолетних кормовых после зерновых и др.). Во-вторых, в настоящее время весьма ограничены данные об эволюции погребенных торфяных горизонтов в профилях смешанно-слоистых почв. Однако маловероятно, что погребенные слои торфа сохраняют свои свойства неизменными. Они, несомненно, будут трансформироваться под влиянием обработки, новых гидрологических условий, расслоения и механического давления. Изменения физических и химических свойств торфяных прослоев будут зависеть также и от состава растений-торфообразователей, от климатических условий исследуемого региона. Об этом, в частности, свидетельствуют наблюдения Г. Кунтце (1987), который показал наличие ряда взаимосвязанных фаз трансформации торфяных почв после применения смешанно-слоистой песчаной культуры (фазы усадки, гумификации, гомогенизации).

Поскольку плодородие вновь созданных почв в условиях смешанно-слоистой культуры определяется в основном состоянием погребенных торфяных пластов, объективная оценка их изменения в многолетнем аспекте приобретает особую актуальность.

10.5. СОСТАВ МЕРОПРИЯТИЙ ПО МЕЛИОРАЦИИ ЗАБОЛОЧЕННЫХ И БОЛОТНЫХ ПОЧВ

Климат, почвообразующие породы, рельеф (и гидрологический режим), возраст, растительный и животный мир — пять факторов почвообразования, по В. В. Докучаеву (1898), в значительной мере определяют не только метод, но и способ мелиорации почв. Их роль

особенно четко проявляется в условиях Нечерноземной зоны, где мелиоративные работы ведутся в нескольких природно-климатических зонах на почвах разной степени заболоченности, приуроченных к разнообразным четвертичным и дочетвертичным породам.

Столь сложный комплекс природных факторов определяет необходимость *генетического* подхода при определении состава конкретных мелиоративных мероприятий. Генетическим мы будем называть такой подход к оценке свойств и режима почв как объекта мелиорации, который основан на комплексном изучении перечисленных выше пяти факторов почвообразования. Его значение для Нечерноземной зоны было показано ранее (Зайдельман, 1969). Данные, полученные в последние годы, подтвердили актуальность такого подхода. Он оказывается особенно целесообразным при анализе способов осушения заболоченных и болотных почв.

Осушение почти повсеместно оказывается эффективным, если оно основано на одновременном действии гидротехнических, агро-мелиоративных и агрономических мероприятий. Осушение почв разной степени заболоченности, но одной и той же мелиоративной группы, как показывает отечественная и зарубежная практика, выполняют тождественными или близкими способами. Основные различия в этом случае связаны с применением варьирующих параметров междренных (межканальных) расстояний. Для их обоснованного выбора целесообразно использовать соответствующие поправочные коэффициенты на модули дренажного стока для почв разной степени заболоченности. Вместе с тем при осушении почв разных мелиоративных групп наблюдаются существенные различия в составе необходимых гидротехнических, агро-мелиоративных и агрономических мероприятий по удалению избыточной гравитационной влаги.

Поскольку метод мелиорации в основном определяют причины заболачивания, а способ — в значительной мере физические свойства почв, ниже рассмотрена взаимосвязь гидротехнических, агро-мелиоративных и агрономических мероприятий с генезисом и составом почв и почвообразующих пород ландшафтов Нечерноземной зоны. Такая оценка целесообразна главным образом потому, что почвы наследуют важнейшие физические свойства почвообразующих пород.

Рассмотрим эти вопросы на примере конструкции регулирующей сети осушителей, а также состава агрономических мероприятий, обязательных при осушении почв различных генетических групп Нечерноземья.

Разнообразие природных условий, инженерных, агро-мелиоративных и агрономических решений можно иллюстрировать рядом схем мероприятий по осушению почв с использованием открытых каналов или закрытого дренажа (схема 7). Их изложению следует предпослать необходимые пояснения. В схемах не затронут вопрос о целесообразности применения бестраншейного и траншейного дренажа, поскольку он был ранее специально детально рассмотрен (см. табл. 59).

В составе *гидротехнических мероприятий* рассматриваются условия применения открытых каналов, материального закрытого дренажа

**Основные схемы мероприятий по мелиорации заболоченных и болотных почв
гумидных ландшафтов***

Схема 1. Ландшафты – полесья, зандровые равнины. $K_{\phi} > 0,3$ м/сут

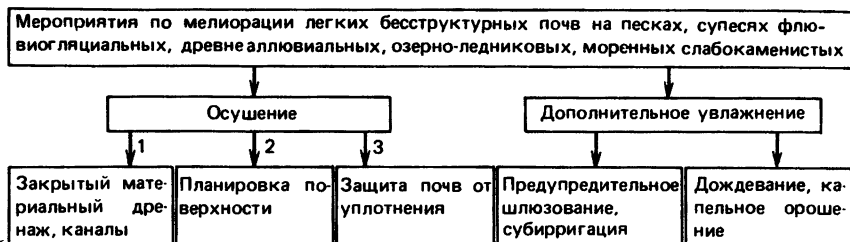


Схема 2. Ландшафт – поймы рек (преимущественно центральные и притеррасные части первой речной террасы) $K_{\phi} > 0,3$ м/сут

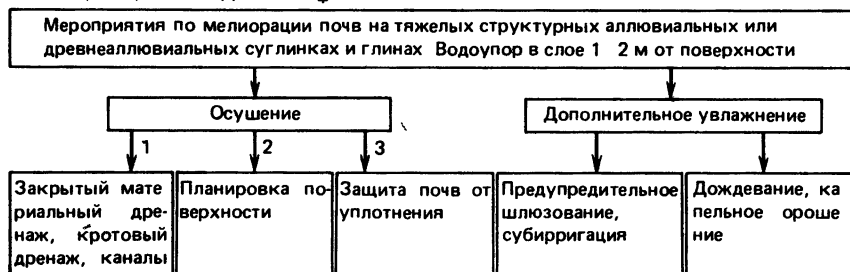


Схема 3. Ландшафт – моренный K_{ϕ} легкой верхней толщи $> 0,3$ м/сут

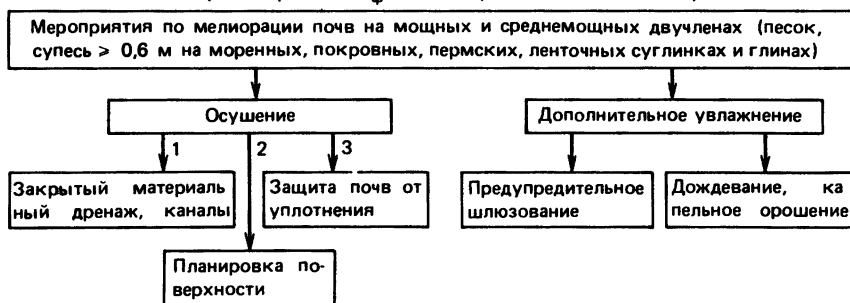


Схема 4. Ландшафт – моренный. K_{ϕ} легкой верхней толщи $> 0,3$ м/сут

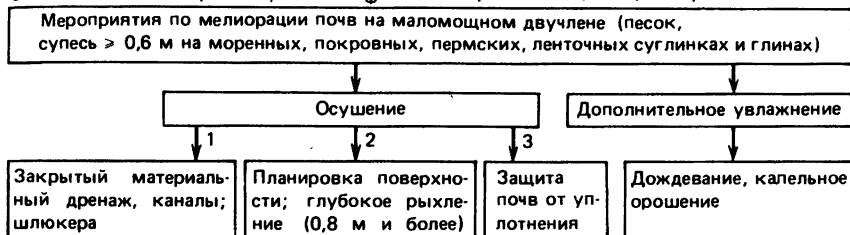


Схема 5. Ландшафт – болотный низинный. $K_{\phi} > 0,3$ м/сут

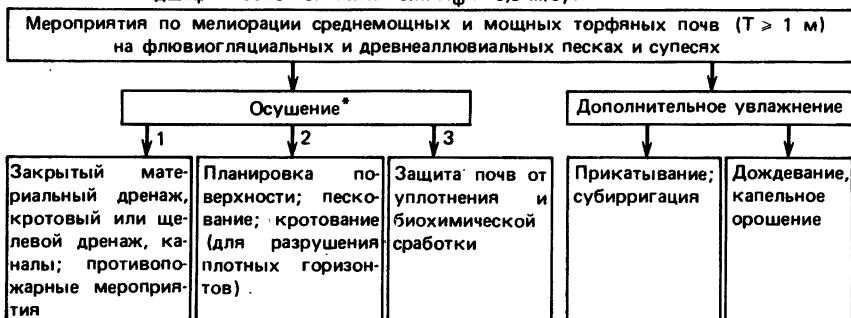


Схема 6. Ландшафт – болотный низинный. $K_{\phi} > 0,3$ м/сут

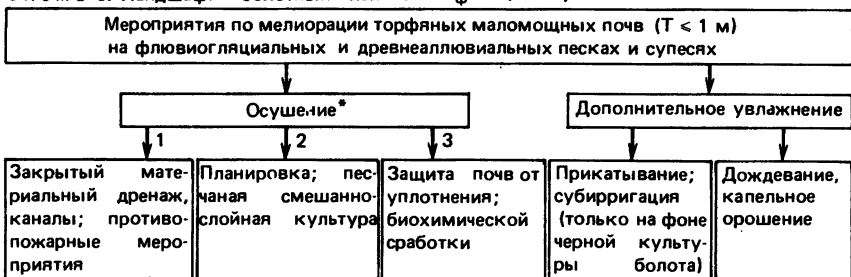


Схема 7. Ландшафт – предгорно-пологоволнистый; ополья, покровно-моренный и моренный. $K_{\phi} < 0,05...0,3$ м/сут

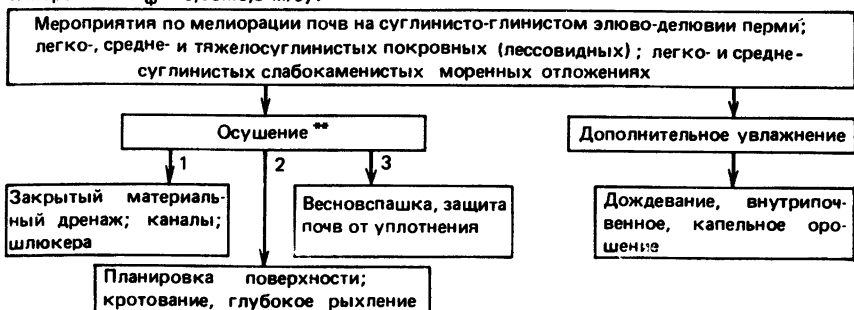


Схема 8. Ландшафт — покровно-моренный, моренный, лимно-гляциальный.
 $K_{\text{ф}} \leq 0,05 \text{ м/сут}$

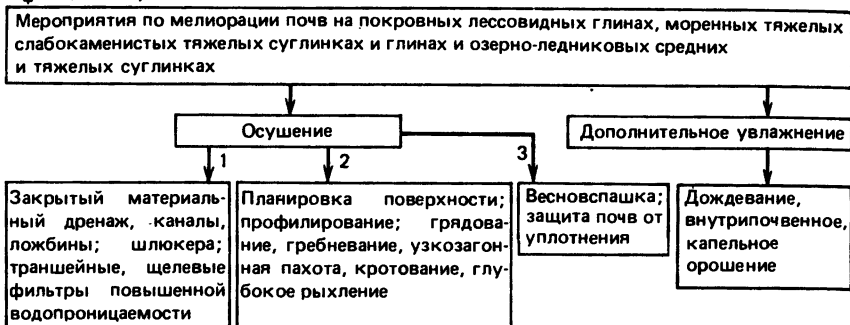
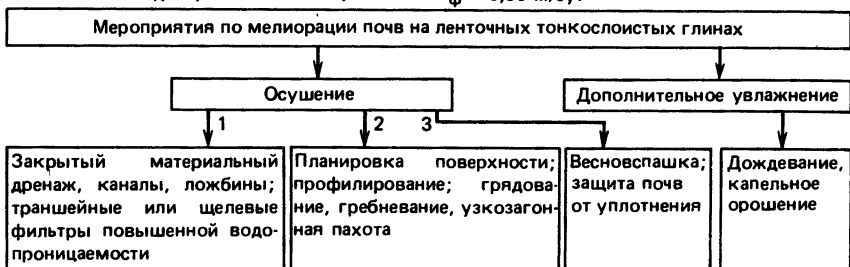


Схема 9. Ландшафт — лимно-гляциальный. $K_{\text{ф}} \leq 0,05 \text{ м/сут}$



* При залегании водоупора $> 5 \text{ м}$ возможно применение неглубокого разреженного дренажа с использованием труб крупного диаметра. При ожелезнении грунтовых вод ($> 6 \text{ мг/л Fe}^{++}$) опасно использование пластмассовых труб в связи с возможностью их быстрой закупорки оксидом железа. 1, 2, 3 — соответственно гидротехнические, агро-мелиоративные и агрономические мероприятия при осушении. Взаимозаменяемые мероприятия разделены запятой, безусловно необходимые — точкой с запятой.

** На средне- и сильнокаменистых почвах исключается применение бестраншейного пластмассового дренажа, кротования, глубокого рыхления

или земляного (кротового) дренажа, ложбин (распластанных каналов с коэффициентом заложения откосов $1 : 5 \dots 7$), поглощающих колодцев (шлюкеров). Ложбины оказываются необходимыми главным образом на почвах с комплексным почвенным покровом, широким распространением отдельных западин и вымочек. В этом случае ложбины устраивают для их "раскрытия" и организации свободного оттока гравитационной влаги из замкнутых понижений. Этим целям служит и шлюкер — эффективное гидротехническое сооружение на мелиоративных системах Нечерноземья.

Поскольку эффективная работа осушительной системы на тяжелых почвах с низкими значениями $K_{\text{ф}}$ ($\leq 0,1 \dots 0,05 \text{ м/сут}$) возможна при свободной миграции влаги из пахотного (поверхностных) горизонтов в дренаж, предусматривается повышение водопроницаемости

траншейных (или щелевых) фильтров. В этом случае в дренажную траншею (щель) вносят стабильный фильтрующий материал (шлак, гравий, галечник, щебень, гумусированный мелкозем — последний при узкотраншейном или бестраншейном дренаже в случае экономической и экологической целесообразности).

Применение фильтрующих материалов необходимо для создания объемных фильтров вокруг дрены на расстоянии двух-трех диаметров дрены, прерывистых (пунктирных) или сплошных траншейных (или щелевых) водопроницаемых фильтров. Этой цели служит также устройство гравелистых или иных траншейных колонок. Они устанавливаются непосредственно над дренажной траншеей. Их назначение — облегчить гидравлическое взаимодействие поверхностных горизонтов и дренажных линий.

В схемах даны предложения по выполнению агрономелиоративных мероприятий, направленных на организацию и ускорение поверхностного и внутрипочвенного стока. К первой группе относятся планировка, профилирование, узкозагонная пахота, грядование и гребневание. Следует подчеркнуть, что это традиционные и проверенные агрономелиоративные приемы (Селиверстов, 1955; Розин, 1957; Розин, Безменов, Лучанский, 1965). Особый интерес для рациональной организации сельскохозяйственного производства на тяжелых почвах северо-запада имеют предложения Ф. А. Подлипенко (1958, 1962).

В последние годы в практике сельскохозяйственного производства значительное распространение получил способ возделывания овощных и зернобобовых на грядах. Его применение на фоне планировки поверхности позволило резко увеличить продуктивность осушенных почв.

Таким образом, при реализации агрономелиоративных мероприятий всегда является обязательным выполнение планировочных работ (или работ по планировке и профилированию) и, в случае необходимости дополнительно, одного из перечисленных выше трех приемов агрономелиорации (узкозагонной пахоты, грядования или гребневания). Значение агрономелиоративных мероприятий, направленных на организацию и ускорение поверхностного стока, приобретает особую актуальность в высоких широтах (в частности, в средней и особенно в северной тайге), где нередко на хорошо водопроницаемых в талом состоянии торфяных почвах возделывание сельскохозяйственных культур оказывается возможным на грядах после планировки поверхности.

Вторая группа агрономелиоративных мероприятий направлена на ускорение внутрипочвенного стока. Она осуществляется в результате применения кротования и глубокого мелиоративного рыхления. Условия их выполнения были рассмотрены ранее. Следует лишь подчеркнуть, что кротование обладает более широким диапазоном применения. Оно может выполняться при более высокой влажности, чем ППВ, а в ряде случаев — при полной влагоемкости и при поверхностном затоплении. К последнему прибегают, когда с помощью кротования необходимо произвести быстрый сброс гравитационной влаги и подсушку дренажной территории. Кротование часто предшествует глубокому ме-

лиоративному рыхлению, которое осуществляют при влажности, равной нижнему пределу текучести или меньшей этой величины. Важное отличие всех мероприятий по ускорению внутрипочвенного стока — возможность их полной механизации, отсутствие необходимости выполнения ручной доработки.

Как правило, эффективная работа осушительных систем возможна при обязательном выполнении специального комплекса агрономических мероприятий. Они связаны прежде всего с защитой осушаемых почв от уплотнения как при мелиоративном строительстве, так и при их последующем сельскохозяйственном использовании. Необходимость этих мероприятий обусловлена тем, что колесная техника в процессе строительства может существенно повысить плотность скелета почв и снизить их водопроницаемость, вызвать опасное снижение порозности.

В процессе сельскохозяйственного использования эти явления усиливаются движением по осушенным полям транспортных караванов с органическими, минеральными удобрениями и с сельскохозяйственной продукцией. Уплотнению способствует отсутствие трав в севооборотах и особенно монокультура пропашных. Поэтому на осушаемых массивах, особенно в тех случаях, когда они образованы тяжелыми почвами, целесообразно отказаться от колесной техники и транспортных средств с высоким удельным давлением на почву. Здесь необходимо использовать тракторы, комбайны, транспортные средства на гусеничном или полугусеничном ходу, на двоянных колесах, давление которых на почву не превышает критических значений.

В составе агрономических мероприятий на осушенных почвах должно быть предусмотрено внесение значительных доз органических удобрений, поскольку повышенное содержание органики защищает почвы от уплотнения. Наконец, третье агрономическое мероприятие по защите почв от уплотнения — включение в состав полевых севооборотов многолетних трав и улучшение химизации земледелия на осушенных почвах (исключение физиологически кислых удобрений, рациональное известкование, например, при глубоком рыхлении на всю толщу обработки, внесение нитратов дробными небольшими нормами, исключаящими их поступление в грунтовый поток, в дренажный сток, и др.).

Важное значение в системе агрономических мероприятий на осушенных почвах приобретает их обработка. Зяблевая пахота, одна из задач которой — накопление влаги, на тяжелых почвах в западных и центральных районах Нечерноземной зоны европейской территории страны с влажной весной на фоне обильного снеготаяния затягивает сроки их обработки и сева. Это показано, в частности, Ф. А. Подлипенко (1958) и другими исследователями для северо-запада РСФСР. Установлено, что зяблевая пахота, кроме того, заметно удлинняет сроки прохождения поверхностного стока по пахотному горизонту тяжелых дерново-подзолистых почв.

Однако в условиях засушливой весны и раннего лета в районах Нечерноземья с резко континентальным или муссонным климатом на тяжелых осушенных почвах зяблевая пахота как прием накопления влаги может оказаться весьма полезным или абсолютно необходимым

элементом регулирования их водного режима (например, в районах Восточного Нечерноземья).

Изложенное позволяет признать, что все три группы мероприятий, направленных на осушение, — гидротехнические, агромелиоративные и агрономические — должны действовать взаимосвязанно и синхронно. Несомненно, в каждой из этих групп возможна замена одного способа другим, если это целесообразно в экономическом или экологическом отношении (например, замена закрытого гончарного дренажа на сеть открытых каналов; кротования почв на глубокое мелиоративное рыхление и др.). Значительно сложнее или в принципе невозможно заменить гидротехнические на агромелиоративные или на агрономические, не изменяя характер использования территории и состава культур. Эти три группы мероприятий правильнее рассматривать как *систему* обязательных и взаимосвязанных приемов улучшения свойств и режима заболоченных и болотных почв.

Гидротехнические, агромелиоративные и агрономические мероприятия, направленные на ликвидацию избыточного увлажнения, сами по себе не создают оптимальный водный режим почв. Они лишь обеспечивают возможность выполнения необходимого цикла сельскохозяйственных работ и получения урожая. Таким образом, мероприятия, направленные на осушение заболоченных почв, — необходимое условие сельскохозяйственного производства. Оптимизация гидрологического режима осушенных почв возможна только в условиях его двустороннего регулирования. Целесообразность применения мероприятий по двустороннему регулированию водного режима определяется в конечном итоге эколого-гидрологическими и эколого-экономическими факторами.

Следует отметить две особенности регулирования водного режима заболоченных почв гумидных ландшафтов, которые резко отличают эти мероприятия в рассматриваемой зоне от их выполнения в аридных условиях. Во-первых, регулирование водного режима здесь необходимо не только для увлажнения почв в сухой период, но и для сохранения органогенных почв, замедления темпов их биохимического разложения. Во-вторых, здесь невозможен полив культур по заранее составленному гидромодульному графику. Последнее обусловлено тем, что в гумидных условиях нередко происходят быстрое и нерасчетное изменение погодных условий, совпадение сроков полива с выпадением значительных осадков. В результате возможны переполив, затопление пахотных горизонтов, отрицательный геотропизм корней растений. Поэтому в Нечерноземье наиболее оправданным оказывается полив по суточному дефициту влажности почв небольшими поливными нормами, исключающими переполив.

Такой подход к регулированию влажности заболоченных (минеральных) почв Нечерноземья в последние годы получает широкое распространение. Следует подчеркнуть и еще одно обстоятельство. Важно учитывать тесную генетическую взаимосвязь между вторичным почвообразованием и способом полива. Так, орошение дождеванием торфяных почв при глубоком (> 1 м) залегании грунтовых вод активизирует биохимический распад органического вещества

и сработку торфа. Полив дождеванием, однако, может оказаться весьма целесообразным на фоне субиригации в условиях регулируемого шлюзования. Существенное значение при выборе способа орошения имеет географическая приуроченность почв. Так, на фоне субиригации осушенных торфяных почв южной тайги европейской территории страны могут быть получены высокие урожаи многолетних трав и без орошения дождеванием. Вместе с тем в условиях Восточной Сибири в результате формирования в торфяных почвах после осушения длительно-сезонно-мерзлотных горизонтов субиригация оказывается малоэффективной, и здесь особое значение для получения высокого урожая приобретает полив дождеванием, поскольку верхняя 50-см надмерзлотная толща оказывается в изолированных условиях (Укоев, 1987).

Выше рассмотрены схемы осушения и двустороннего регулирования водного режима различных групп почв, приуроченных к основным почвообразующим породам южной тайги и зоны широколиственных лесов. Кроме того, для почв более северных или континентальных территорий приведены дополнительные мероприятия, обусловленные наличием в их профиле мерзлотных горизонтов.

11. ЭВОЛЮЦИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ПОЧВ ГУМИДНЫХ ЛАНДШАФТОВ

Мелиорация почв — составная часть сложного комплекса мероприятий, направленного на оптимизацию сельскохозяйственного и лесохозяйственного производства. Будучи частью такой системы, мелиорация вместе с тем служит определяющим фактором эффективного использования почвенных ресурсов в народном хозяйстве. Ее эффект в полной мере проявляется только на фоне высокой культуры земледелия и лесного хозяйства. К. А. Шпогис (1987) справедливо подчеркивает возрастающее влияние мелиорации на уровень сельскохозяйственного производства в развитых европейских странах с гумидным климатом. С. Фидлер (1984) на основе опыта Чехо-Словакии и других стран обращает внимание на важную роль мелиорации как регулирующего и стабилизирующего фактора сельского хозяйства, обязательного условия повышения биоэнергетического потенциала почв.

Поскольку мелиоративные мероприятия направлены на изменение свойств и режима почв, последние после завершения строительства оказываются в новых, вторичных условиях. Происходит глубокое изменение сложившихся веками, относительно сбалансированных условий. В новой гидротермической обстановке резко возрастает роль зонального почвообразования. Одновременно начинает проявляться действие ранее неизвестных факторов. Наступает новый этап эволюции почв, обусловленный функционированием мелиоративной системы. От направленности вторичных изменений почвенного покрова зависят его структура, общее состояние ландшафта, уровень плодородия и состав мероприятий по повышению продуктивности мелиорированных почв.

11.1. ЕСТЕСТВЕННЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ПЕСТРОТЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ОСУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ И УРОЖАЙ

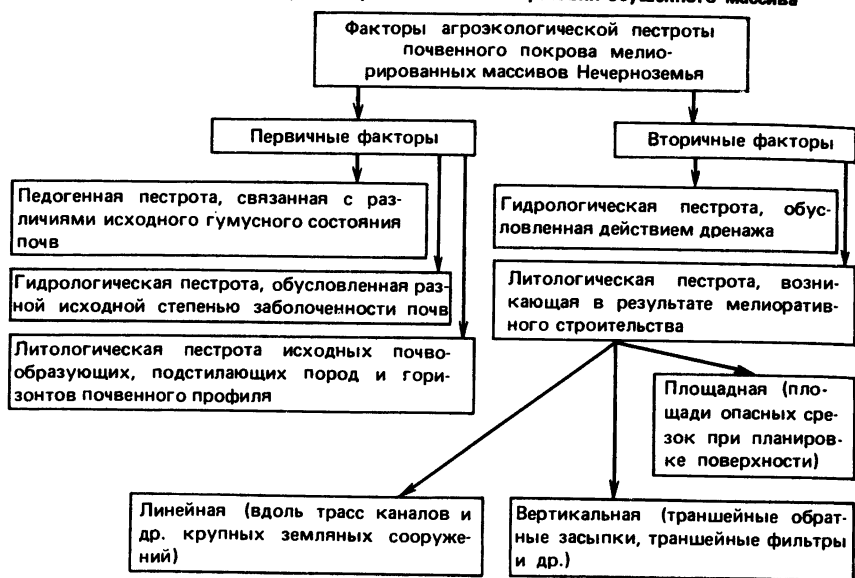
Перераспределение поверхностного и грунтового стоков и значительное различие состава почвообразующих пород определяют сложную структуру почвенного покрова заболоченных территорий гумидных ландшафтов. После мелиорации на гидрологический режим осушенных почв накладываются новые факторы, нередко играющие существенную роль в формировании урожая. Одновременно проявляется действие других причин трансформации почвенного покрова, связанных с особенностями строительства мелиоративных систем.

Имеющиеся данные позволяют рассмотреть некоторые проблемы агроэкологической оценки пестроты почвенного покрова осушенных массивов. Этому обстоятельству до последнего времени не уделялось необходимого внимания из-за ограниченных масштабов мелиоративного строительства в стране, а также в связи со слабой изученностью почв как объекта мелиорации.

Однако за последние 15...20 лет эта ситуация претерпела существенные изменения. В 70...80-е годы под влиянием интенсивного гидротехнического строительства были осушены миллионы гектаров сельскохозяйственных земель, причем основным объектом мелиорации оказались минеральные почвы разной степени заболоченности. Был накоплен значительный материал, позволяющий оценить научную и прикладную значимость изучения пестроты почвенного покрова дренированных территорий. Поскольку такая пестрота оказывает непосредственное влияние на урожайность, анализ факторов, определяющих закономерности ее формирования, приобретает актуальное прикладное значение. Решение этого мало разработанного вопроса необходимо, таким образом, для агроэкологической оценки эффективности мелиоративных мероприятий, рационального проектирования мероприятий по ликвидации неблагоприятных явлений, связанных с неоднородностью мелиорированного поля, для решения других вопросов. Не менее существенна и теоретическая значимость проблемы исследования пестроты почвенного покрова осушенных территорий, поскольку в этом случае возникают условия для наиболее полного понимания направленности и темпов эволюции почв в условиях их интенсивного хозяйственного использования.

Рассмотрим некоторые общие закономерности формирования факторов, определяющих пестроту почвенного покрова мелиорированного (дренированного) поля. Исходя из самых общих представлений, казалось бы, можно согласиться с тем, что под влиянием дренажа и комплекса интенсивных мероприятий по окультуриванию (глубокой пахоты, известкования, внесения удобрений и др.) происходит выравнивание свойств, режима и продуктивности мелиорированных почв. Реальная ситуация, однако, оказывается существенно иной. Необходимо прежде всего подчеркнуть, что почти повсеместно почвенный покров осушенных массивов, образованных суглинистыми и глинистыми почвами, отличается выраженной пестротой. При этом факторы пестро-

Причины пестроты агроэкологических условий осушенного массива



ты почвенного покрова после дренажа могут иметь первичный (естественный или исходный) и вторичный (антропогенный) характер. Их влияние после осушения может проявляться на протяжении короткого периода или исчезать вообще, сохраняться неопределенно долго, проявляться более интенсивно, чем в естественном состоянии, или, наконец, формироваться вновь.

Таким образом, мелиорация полностью не устраняет естественную структуру почвенного покрова, она лишь сглаживает различия гидро-термического режима и в ряде случаев свойства почв. Вместе с тем она вызывает появление новых, ранее отсутствующих факторов пестроты (схема 8).

Первичная (естественная) пестрота почвенного покрова обусловлена влиянием гидрологических, педогенетических и литологических факторов.

Пестрота почв осушенного массива, обусловленная исходными *гидрологическими* различиями, определяется тем, что обычно объектом мелиорации в гумидных ландшафтах являются минеральные почвы разной степени заболаченности. Дренаж легко устраняет исходные различия водного режима почв с высокой водопроницаемостью корнеобитаемых горизонтов (например, песчаных, супесчаных, структурных суглинистых и глинистых почв, почв на среднемошных и мощных двучленах).

На суглинистых и глинистых подзолистых, болотно-подзолистых и иных почвах с уплотненными подпахотными горизонтами (особенно когда их $K_f \leq 0,05$ м/сут) последствие исходного гидрологического

фактора проявляется наиболее отчетливо. Только интенсивная система мероприятий по капитальной и эксплуатационной планировке поверхности, организации и ускорению поверхностного и внутрипочвенного стоков могут обеспечить выравнивание водного режима тяжелых почв, отличающихся в исходном состоянии разной степенью заболоченности.

Первичные гидрологические различия, очевидно, нельзя рассматривать как постоянно действующий исходный фактор пестроты почвенного покрова мелиорируемого массива. Интенсификация дренажа и других гидротехнических мероприятий (например, устройство ложбин для раскрытия западин, создание поглощающих колодцев-шлюкеров), применение агромелиоративных мероприятий по организации и ускорению поверхностного и внутрипочвенного стоков, специальных агротехнических приемов позволяют в значительной мере или полностью устранить гидрологические причины исходной пестроты почвенного покрова.

Действие второго — *педогенного* фактора исходной пестроты почвенного покрова также обусловлено первичной неоднородностью; его можно проследить на протяжении длительного отрезка времени или постоянно. Сущность его проявления заключается в том, что почвы разной степени заболоченности обычно характеризуются и разным гумусовым состоянием, разным запасом органического вещества (например, в мало- и среднегумусных, перегнойных и торфяных почвах). На хорошо проницаемых легких почвах разной степени заболоченности (в исходном состоянии) с помощью дренажа в их корнеобитаемой зоне можно достаточно быстро создать относительно однородный режим грунтовых вод. Однако слабо- и сильнозаболоченные почвы на легких породах неопределенно долго сохраняют свои отличия по запасу органического вещества и обусловленные этим различия как гидротермических условий, так и плодородия.

Третий фактор исходной агроэкологической пестроты — неоднородность почв и почвообразующих пород по исходному *гранулометрическому* составу. Он, как правило, не поддается пока выравниванию и действует постоянно на продуктивность почв дренированных территорий. Существующий опыт гомогенизации осушенных почв по гранулометрическому составу остается весьма ограниченным и не выходит до настоящего времени за рамки экспериментов, вместе с тем он заслуживает серьезного изучения (Сталбов, 1984).

Таким образом, мелиорируемое поле испытывает действие трех факторов исходной (естественной) пестроты почвенного покрова даже в том случае, если весь комплекс гидротехнических и агрономических мероприятий выполняется в оптимальном объеме. При этом фактор гидрологической пестроты достаточно просто устраняется при дренаже легких почв и значительно медленнее — при мелиорации тяжелых. Фактор педогенной пестроты, обусловленной преимущественно различиями гумусного состояния, как правило, устранить сложно или практически невозможно на протяжении длительного или всего периода эксплуатации. Фактор литологической пестроты в почвах од-

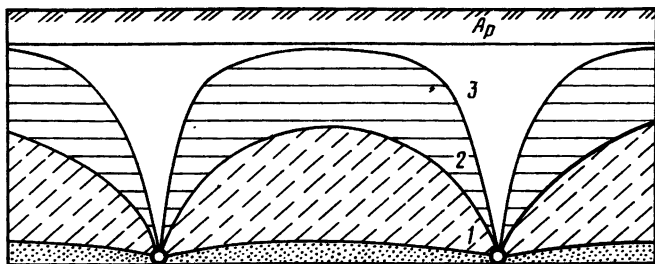


Рис. 11.1. Формы депрессионных кривых в супесчано-песчаных (1), легко- и среднесуглинистых (2), тяжелосуглинистых и глинистых (3) почвах

ного или близкого генезиса при современных способах обработки устранить практически невозможно.

Наряду с первичными следует обратить особое внимание на вторичные факторы. Их появление обусловлено антропогенными причинами. Наиболее существенными вторичными факторами пестроты являются гидрологический и литологический.

Возникновение *вторичного гидрологического фактора* обусловлено действием дренажа. Механизм его появления связан с тем, что между дренами и в непосредственной близости от них формируются различные гидрологические условия. У дрен уровень почвенно-грунтовых вод находится обычно на глубине их заложения или несколько выше. В середине между дренами он поднимается к дневной поверхности. Такая картина наблюдается обычно в средних по водопроницаемости почвах. В слабопроницаемых тяжелых почвах происходит резкий спад депрессионной кривой непосредственно у дрен, а в почвах с высокой водопроницаемостью и низким сопротивлением потоку (например, в песчаных и супесчаных) близка к линии, параллельной дневной поверхности (рис. 11.1). Таким образом, в слабо- и среднепроницаемых почвах непосредственно у дрен и в середине междренья формируются и практически постоянно существуют зоны с различающимися водным и воздушным режимами, окислительно-восстановительными, нитрификационными и другими особенностями.

Из этого следует, что наиболее резко гидрологические различия у дрен и в середине междренья влияют на урожайность культур (и свойства почв) в слабо- и среднепроницаемых почвах, тогда как в почвах с высокой водопроницаемостью они могут быть весьма ослабленными или не проявляться вообще. Вместе с тем в средне- и слабопроницаемых почвах влияние гидрологического фактора на урожайность также оказывается весьма различным.

Для оценки влияния вторичного гидрологического фактора пестроты осушенных почв на урожайность районированных культур в 1971...1974 гг. были предприняты следующие наблюдения.

На осушенных дерново-подзолистых суглинистых почвах разной степени заболоченности на средних покровных лессовидных суглин-

ках в Шаховском районе Московской области в годы разной влажности была произведена дифференцированная оценка урожайности районированных культур в створе, нормальном к дренажным линиям. Заболоченные почвы были осушены на исследуемом массиве систематическим керамическим дренажем; междренные расстояния $E = 20$ м, глубина дрен 1...1,2 м. Площадки учета урожайности закладывались непрерывной лентой от дрен до середины междренья через каждый метр. Первая пробная площадка 1×1 м² находилась непосредственно над дренажной. Таким образом, с нее отбирался урожай, полученный преимущественно на траншейной обратной засыпке. Последняя площадь опробования (десятая) размещалась в середине междренного пространства.

Исследования были выполнены в 1971 и 1973 гг. — средних по влажности, 1972 г. — экстремально сухом и в 1974 г. — очень влажном годах. Установлено, что абсолютные значения урожая, обусловленные вторичной гидрологической пестротой дренированного поля, тесно связаны с биологическими особенностями сельскохозяйственных культур и влажностью года. Озимые и яровые зерновые культуры всегда независимо от влажности года характеризуются тем, что продуцируют максимальный урожай в непосредственной близости от дренажных линий (табл. 68).

Наиболее отчетливо проявляются отличия в урожайности озимых зерновых, поскольку они испытывают отрицательное влияние неблагоприятного увлажнения на протяжении всего теплого периода и наиболее четко реагируют на избыточное увлажнение. Так, в средние по количеству осадков годы урожайность озимой пшеницы непосредственно у дрен и далее в 7 м от нее была выше на 65...13 % по сравнению с урожайностью посередине между дренами (абсолютная урожайность посередине между дренами и у дрен соответственно 1,4 и 2,35 т/га). Это существенное абсолютное различие отчетливо, но несколько слабее проявляется и в продуктивности яровых культур на глееватых и особенно глеевых почвах. В последнем случае в зоне активного влияния дрен урожайность ячменя оказалась выше, чем урожайность посередине между дренами, на 32...60 %. Эти различия наиболее резко для зерновых культур проявляются в средние и влажные годы и менее отчетливы в сухие для зерновых яровых культур на глееватых и глеевых почвах. В последнем случае различия в урожайности у дрен и в середине междренья не превышали 14 %.

Существенно иначе влияет фактор вторичной гидрологической пестроты на урожай травосмеси клевера и тимopheевки. Обладая значительно большим водопотреблением, чем злаковые зерновые, травы на глееватых почвах в непосредственной близости от дрен даже во влажные годы в известной мере снижают урожай по сравнению с междренем (на 5...10 %). Лишь на дерново-подзолистых глеевых почвах, отличающихся более высокой степенью увлажнения, у дрен наблюдается незначительное увеличение урожая траг.

Полученные данные показывают, что эти почвы, несмотря на дренаж, испытывают и отчетливое влияние первичной гидрологической пестроты. Последнее проявляется в том, что, как правило, с усилением исходной

68. Урожайность сельскохозяйственных культур на осушенных оглеенных дерново-подзолистых почвах на разном удалении от дрей в годы разной влажности (Шаховской район, Московская область)

Вариант – расстояние от дренажа, м	Глеваята						Глевая					
	1971		1972		1973		1974		1971		1972	
	озимая пшеница		ячмень		ячмень		клевер + тл- мофевка (се- но)		озимая пшеница		ячмень	
	т/га	%	т/га	%	т/га	%	т/га	%	т/га	%	т/га	%
1	2,95	165	2,10	114	2,35	114	5,30	90	2,20	1,60	114,3	160,0
(над дренаж)												102,3
2	2,20	156	2,00	111	2,30	106	5,60	95	2,00	1,50	107,1	157,9
3	2,00	142	2,00	111	2,20	102	5,70	97	0,50	1,50	107,1	158,8
4	2,00	142	1,95	108	2,14	100	5,40	92	0,10	1,55	110,7	146,7
5	2,11	149	1,90	105	2,10	98	5,30	90	0,10	1,45	103,5	141,2
6	1,83	129	1,90	105	2,06	100	5,50	93	— *	1,40	100	135,3
7	1,60	113	1,95	108	2,04	95	5,50	93	—	1,35	96,5	132,3
8	1,50	106	1,90	105	2,10	98	5,60	95	—	1,30	92,8	117,6
9	1,50	106	1,85	103	2,11	98	5,70	97	—	1,35	96,5	105,9
10	1,42	100	1,80	100	2,07	100	5,90	100	—	1,40	100,0	100,0
(средина междурья)												
Средняя урожайность, т/га	1,75	—	1,94	—	2,14	—	5,45	—	0,49	1,43	—	2,54
												—
												4,45

* Гибель растений из-за вымокания.

степени заболоченности наблюдается снижение среднего урожая всех исследованных культур. Так, средняя урожайность ячменя в сухой и средний год на глееватых почвах составила 1,94 и 2,14 т/га, трав — 5,45 т/га; на глеевых — соответственно 1,43, 2,54 и 4,45 т/га. Исходная неоднородность наиболее отчетливо проявляется при анализе урожая озимых культур. Из таблицы следует, что средняя урожайность озимой пшеницы составила 1,75 т/га (максимум 2,35, минимум 1,42 т/га). На глеевых почвах при осушении гончарным дренажем через 20 м средняя урожайность была 0,49 т/га. Вместе с тем максимальная урожайность — 2,20 т/га — была получена на этих же почвах в непосредственной близости от дрены. Поэтому анализ структуры почвенного покрова и урожайности позволяет, в частности, оценить правильность принятых при проектировании основных параметров дренажа.

В заключение следует подчеркнуть, что влияние вторичного гидрологического фактора на урожай в тяжелых почвах может быть существенно ослаблено или практически исключено с помощью агро-мелиоративных мероприятий, направленных на улучшение их физических свойств и повышение K_{ϕ} . Такие наблюдения были выполнены автором совместно с В. А. Плавинским и А. В. Белым (1986) в Вологодской области на дренированных оглеенных дерново-подзолистых почвах, приуроченных к покровным глинам. Почвы осушены закрытым гончарным дренажем через 10, 20 и 40 м. На опытном варианте выполнено глубокое мелиоративное рыхление рыхлителем ВРН.80.3 на глубину 80 см. В средние по влажности годы на таких почвах у дрен на контроле с $E = 10$ м была достигнута максимальная урожайность ячменя (1,97 т/га), при $E = 40$ м она не превышала 1,5 т/га.

Глубокое рыхление* в определенных условиях выравнивает вторичные гидрологические различия и создает условия для формирования практически одинакового урожая независимо от междренного расстояния в интервалах 10...40 м (табл. 69).

Изложенное позволяет сделать следующие выводы. Во-первых, оценку параметров дренажа (прежде всего междренных расстояний) при проектировании осушения на почвах разной степени заболоченности надо устанавливать, не только исходя из значений коэффициента фильтрации, водоотдачи, гранулометрического состава и других свойств, но и тщательно корректировать с учетом первичных и вторичных факторов гидрологической пестроты.

Во-вторых, фактор вторичной гидрологической пестроты на осушенных почвах часто определяет высокую степень неоднородности урожайности в точках опробования, находящихся на разном расстоянии от дренажных линий. Это в первую очередь справедливо для почв суглинистого и глинистого состава с поверхностным заболачиванием, а также, вероятно, для легких почв, заболоченных грунтово-напорными водами. Поэтому правильное представление о реальном урожае

* Это положение в основном справедливо для ряда почв с близким или тождественным содержанием гумуса.

69. Изменения урожайности ячменя на осушенных оглеенных дерново-подзолистых глинистых почвах в результате глубокого мелиоративного рыхления (Вологодский район, 1983 г.)

Контроль ($n = 4...6$) без рыхления		Активное глубокое рыхление ($n = 4...6$)	
расстояние между дренами (E), м	урожайность, т/га	расстояние между дренами (E), м	урожайность, т/га
10	$1,97 \pm 0,21$	10	$2,33 \pm 0,10$
20	$1,82 \pm 0,27$	20	$2,25 \pm 0,52$
40	$1,50 \pm 0,10$	40	$2,22 \pm 0,30$

* Данные по урожайности на 2-й год последствия глубокого рыхления.

на осушенном поле может быть получено либо при его валовом учете со всей площади массива, приуроченной к одной почвенной разновидности, либо путем оценки урожая на учетных полосах, занимающих целое междренье или его половину, заложенных нормально к оси дренажных линий. Учет урожайности на основе массовых данных, полученных на малых площадках; не охватывающих все элементы депрессионной кривой, может привести к получению неточных или существенно искаженных представлений.

В-третьих, при организации полевых мелкоделяночных опытов на осушенных почвах учетные площадки целесообразно располагать нормально к дренажным линиям, а их длина должна быть кратной длине междренних расстояний или ее половине.

Пестрота агроэкологических условий на осушенном поле может иметь вторичное *литологическое происхождение* и в силу этого оказывать длительное или постоянное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур даже при относительно выравненном водном режиме почв. Влияние этого фактора проявляется обычно в трех следующих часто встречающихся формах, непосредственно связанных с гидротехническим строительством.

1. При строительстве осушительных систем и особенно ее проводящих элементов (открытых магистральных каналов, коллекторов, а также колодцев различного назначения и др.) на поверхность почвы поступают огромные массы подпахотных горизонтов почвенного профиля, почвообразующих и подстилающих пород, как правило, интенсивно оглеенных и часто малоплодородных. Эти огромные земляные резервы трудно поддаются тонкослойному разравниванию. Мощность образовавшейся "выкидки" после планировки нередко достигает 10...30 см и более (рис. 11.2). Такие линейные вторичные повышения тянутся вдоль всей трассы канала, перерезая и перегораживая естественные, часто слабо выраженные поверхностные водотоки. В результате в непосредственной близости у канала накапливается вода, формируются лужи, вызывающие интенсивное вторичное заболачивание почв и вымокание урожая.

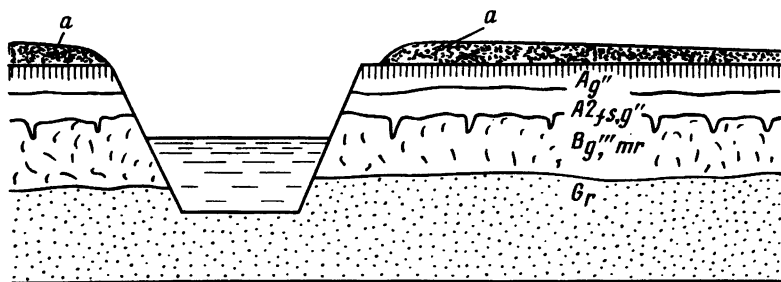


Рис. 11.2. Накопление земляных резервов вдоль осушительных каналов после разравнивания кавальеров (слой *a*)

Особенно часто и в максимальных размерах это явление наблюдается при осушении почв на тяжелых ленточных глинах на западе и северо-западе зоны. Тонкослоистая текстура, высокая набухаемость этих пород — причина низкой устойчивости откосов каналов. При их строительстве, учитывая высокий коэффициент заложения откосов (2,5... 3,5), выполняют особо значительный объем земляных работ. В результате оказывается необходимым разравнивать с помощью бульдозеров огромные земляные резервы в непосредственной близости от канала. О возможном снижении урожая на осушенных почвах в результате перекрытия пахотного слоя породой можно судить по данным, полученным автором и К. С. Болатбековой в условиях вегетационных опытов на известкованных и удобренных образцах. Существенно, что зерновые и травы, как правило, резко снижали или не давали урожай вообще на материнской неокультуренной породе. Вместе с тем глеевые горизонты почвы после проветривания и высушивания нередко обладают более высокой продуктивностью, чем неоглеенные материнские породы. Наиболее отчетливо это проявляется в опытах со злаковыми травами и при возделывании бобовых культур (табл. 70).

Из этого следует, что при мелиоративном проектировании необходимо предусматривать, во-первых, мероприятия по тщательному планированию поверхности почв, особенно в непосредственной близости от каналов, профилированию межканального пространства. Во-вторых, по трассе разравниваемого кавальера следует особенно внимательно произвести работы по повышению (или по созданию) плодородия поверхностного горизонта, нередко образованного только извлеченной на поверхность породой. В-третьих, на участках формирования особо крупных земляных резервов (например, у открытых каналов при осушении тяжелых почв на ленточных глинах) для ускоренного сброса поверхностных вод в каналы наряду с водовыпускными воронками может оказаться целесообразным устройство вдоль каналов отсечных дрен с траншейными (гравелистыми, щебнистыми и др.) фильтрами.

Поступление значительных объемов малоплодородного мелкозема на поверхность почвы возможно не только при строительстве круп-

70. Относительная оценка продуктивности тяжелых почвообразующих пород и глеевых горизонтов почв Нечерноземной зоны РСФСР

Порода	Вариант*	Ячмень	Фасоль	Тимофеевка
		урожайность, % контроля		
Пермская карбонатная глина	A_p	100	100	100
	C	—	35	17
	G	—	142	74
Аллювиальная глина	A_p	100	100	100
	C	—	111	86
	G	92	117	91
Ленточная глина	A_p	100	100	100
	C	—	24	55
	G	81	29	81
Кислая моренная глина	A_p	100	100	100
	C	—	—	68
	G	—	41	98
Покровная лессовидная глина	A_p	100	100	100
	C	86	111	78
	G	93	34	82

* C — почвообразующая порода; G — глеевый горизонт; A_p — контроль, пахотный горизонт неоглеенной окультуренной почвы; — урожай не получен.

ных открытых каналов проводящей сети, но и при укладке гончарного дренажа в траншеи. При этом чем меньше междренные расстояния, тем большие объемы такого мелкозема поступают на дневную поверхность, существенно снижая урожайность культур и плодородие почв. Эта причина вторичной литологической пестроты проявляется в максимальной степени при строительстве густого закрытого систематического гончарного дренажа современными траншейными экскаваторами. Очевидно поэтому, что изменение технологии строительства, например, переход на бестраншейный или узкотраншейный пластмассовый дренаж, создаст более благоприятные агроэкологические условия, исключит или ограничит выбросы неплодородного почвогрунта на поверхность.

2. Второй причиной антропогенной литологической пестроты в Нечерноземье, существенно влияющей на продуктивность почв осушенных массивов, нередко являются излишне глубокая срезка поверхностных горизонтов заболоченных почв и выход на дневную поверхность иллювиальных и оглеенных горизонтов, материнской породы.

Приведенные в таблице данные свидетельствуют, что к оценке снижения плодородия почвы в результате накопления на ее поверхности малопродуктивных горизонтов нижней части профиля или их выхода в результате срезки следует подходить дифференцированно с учетом плодородия материнских пород различного генезиса. Вегетационные исследования показывают, что в Нечерноземной зоне аллювиальные породы обладают значительно более высоким плодородием, чем моренные и ленточные глины. Поэтому срезки при планировке почв на 294

аллювиальных отложениях оказываются менее опасными, чем на других почвообразующих породах.

Учитывая важное значение объективного отражения вторичной литологической пестроты поверхностных слоев почвы в прикладном отношении с целью рационального планирования эксплуатационных мероприятий, целесообразно на осушенных массивах предусматривать подготовку картограмм почвенно-литологических изменений, определяющих пестроту почвенного плодородия. Составление следует прежде всего выполнять для массивов, осушаемых с использованием открытой сети, на территориях со значительным объемом планировочных работ, а также когда заболоченные почвы осушаются густой систематической сетью траншейного дренажа.

3. Третий постоянно действующий фактор вторичной литологической пестроты почвенного покрова — *вертикальные образования*, возникающие как результат строительства дренажа. Их появление связано с тем, что после укладки керамических дрен дренажная траншея заполняется либо так называемой обратной засыпкой (т. е. смесью всех горизонтов от поверхности до дна траншеи) либо в траншее устраивают хорошо водопроницаемый стабильный траншейный фильтр. Обратная засыпка отличается повышенным содержанием органического вещества по сравнению с почвенным монолитом в толще от дрены до подошвы подпахотного слоя. Переработка почвенного материала в результате его выемки, обогащения органикой и последующей засыпки в траншею приводит к возникновению нового вертикального почвенного образования, которое на определенном этапе или постоянно обладает более высокими порозностью, фильтрацией, интенсивным развитием ризосферы, лучшей агрегированностью и другими положительными особенностями, играющими важную роль в эволюции осушенных почв. В частности, толща обратной засыпки или траншейные фильтры становятся зоной активной вертикальной миграции гравитационной влаги, осуществляя гидравлическую связь пахотного горизонта с дренажной трубой (табл. 71).

Применение бестраншейного пластмассового дренажа в принципе не исключит формирования таких новообразований. В этом случае произойдет лишь уменьшение площади их поперечного сечения, поскольку пластмассовую дренажную трубу укладывают в щель шириной 8...20 см (ширина траншеи при строительстве керамического дренажа 50 см, узкой траншеи 25...35 см).

При использовании бестраншейного пластмассового дренажа на слабопроницаемых почвах ($K_f < 0,1...0,05$ м/сут) создаются искусственные фильтры из стабильных хорошо фильтрующих материалов (гравий, галечник, щебень, шлак, керамзит и др.), заполняющих все пространство щели. На относительно водопроницаемых почвах при прохождении ножа дренажной трубки на дне щели и вокруг дрены образуется зона повышенного содержания органического вещества. В случае укладки такого дренажа на маломощном и среднемощном двучлене (если верхний слой имеет легкий супесчано-песчаный гранулометри-

Порода, пункт	Горизонт, глубина, см	Коэффициент фильтрации, м/сут (метод Хануса)			
		контроль, недренированная почва	дренированная почва		
			траншейная засыпка	междуречье	рыхлае
Дерновые глееватые почвы, 8 лет последствий					
Пермские карбонатные глины	B1g' 25...33	0,03 ± 0,02	0,28 ± 0,16	0,02 ± 0,01	0,09 ± 0,08
	BC1 52...60	0,05 ± 0,03	2,33 ± 0,70	0,02 ± 0,01	0,78 ± 0,54
	BC2 82...90	0,16 ± 0,05	2,05 ± 1,16	0,20 ± 0,13	0,20 ± 0,17
Дерновые глеевые почвы, 8 лет последствий					
"Ивакинские пашни", Кировская область	G 25...33	0,01 ± 0,004	1,47 ± 1,23	0,01 ± 0,002	2,22 ± 1,8
	B2 52...60	0,05 ± 0,04	3,67 ± 0,92	0,08 ± 0,06	1,16 ± 0,96
	BCg' 82...90	0,1 ± 0,085	1,40 ± 1,07	0,27 ± 0,23	0,24 ± 0,21
Дерново-подзолистая глееватая, 8 лет последствий					
Покровные лессовидные тяжелые суглинки и легкие глины, "Красный балтиец", Московская область	A2Bg', m 25...33	0,15 ± 0,08	0,81 ± 0,60	0,09 ± 0,08	0,74 ± 0,33
	B1g', m 55...63	0,04 ± 0,03	1,57 ± 1,22	0,03 ± 0,03	0,91 ± 0,32
	B2g'', m 80...90	0,14 ± 0,06	5,39 ± 0,3	0,11 ± 0,09	0,12 ± 0,08

Порода, пункт	Горизонт, глубина, см	Коэффициент фильтрации, м/сут (метод Хануса)			
		контроль, недренированная почва	дренированная почва		
			траншейная засыпка	рыхленое	рыхленое
Дерново-подзолистая глееватая, 6 лет последствия					
Ленточные тяжелые глины, "Витка", Новгородская область	A2Bg', м 30...50	—	0,015	0,004	0,008
	B1g'', м 50...70	—	0,003	0,003	0,004
	B2g'', м 80...90	—	0,24	0,004	0,001
Дерново-подзолистая глеевая, 6 лет последствия					
	A2Bg'', м 30...50	—	0,002	0,0005	—
	B1g''', м 50...70	—	0,004	0,004	—
	B2g''', м 80...90	—	0,004	0,002	—

*Приведены данные по значениям $K_{\text{ф}}$ после глубокого (на 80 см) активного мелиоративного рыхления почв.

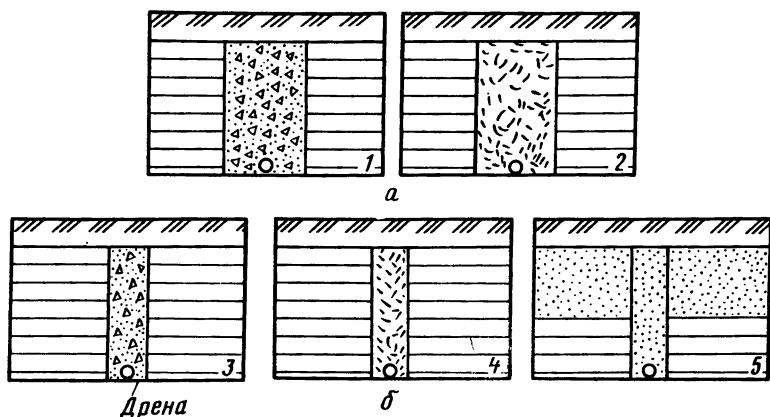


Рис. 11.3. Траншейные и щелевые засыпки и фильтры – вторичные вертикальные образования, возникающие в профиле почв при строительстве закрытого керамического (а) и бестраншейного пластмассового (б) дренажа:

1, 3 – соответственно траншейный и щелевой гравийно-песчаный фильтры; 2, 4 – обратная засыпка, обогащенная гумусом соответственно в траншее и в щели; 5 – обратная засыпка из супесчано-песчаного мелкозема, возникающая в двучленных почвах с близким залеганием суглинисто-глинистого слоя

ческий состав) вся или большая часть пространства дренажной щели заполняется мелкоземом легкого состава (рис. 11.3).

Из изложенного следует, что какой бы вид закрытого материального дренажа не был бы применен для осушения почв, он всегда будет сопровождаться возникновением вертикальных образований, определяющих вторичную литологическую пестроту почв.

Таким образом, пестрота почвенного покрова осушенного массива определяется сложным комплексом ряда факторов. Их понимание и анализ необходимы для правильной оценки эволюции почв, действия дренажа и систематического повышения их плодородия.

11.2. ЭВОЛЮЦИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ГИДРОМОРФНЫХ ПОЧВ И ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ЛАНДШАФТА

Основной объект мелиорации гумидных ландшафтов – минеральные заболоченные почвы. Дренаж (открытый и особенно закрытый) усиливает действие зональных факторов почвообразования. Если такие почвы эксплуатируются на фоне низкой культуры земледелия, то в их профиле складывается отрицательный баланс кальция, магния, алюминия, железа и марганца. В почвах на кислых или нейтральных породах усиливается лессиваж. Происходит относительное накопление кремнезема в поверхностных слоях.

Постоянно или длительно обводненные минеральные почвы (дерново-подзолистые глеевые, торфянисто-глеевые и др.) после осушения

окажутся в условиях застойно-промывного режима с короткими фазами глубокого анаэробног. Такие условия, как следует из основной концепции глееобразования, вызовут интенсификацию элювиальных явлений и могут обусловить формирование мощных осветленных выщелоченных горизонтов. Это вторичное (антропогенное) оподзоливание — прямое следствие трансформации водного режима в результате дренажа. Оно особенно опасно для почв, приуроченных к кислым породам.

По-видимому, Л. П. Розов (1930, 1937) впервые обратил внимание на эти вторичные явления, обусловленные действием закрытого керамического дренажа. По наблюдениям автора, из тяжелых почв на кислых породах происходил значительный вынос щелочноземельных металлов. Наличие тонкой взвеси в стоке и потеря ила из горизонтов почв, примыкающих к дренажным линиям, свидетельствовали об интенсификации лессиважа после осушения. Эти сведения были подтверждены многими исследователями.

Общий вынос металлов и соединений из осушаемых почв существенно возрастает при применении агромерелиоративных мероприятий, направленных на ускорение поверхностного и особенно внутрипочвенного стока, в результате кротования и глубокого мерелиоративного рыхления. Глубокое рыхление резко не меняет (обычно несколько повышает) концентрацию элементов в дренажном стоке или повышает содержание наиболее активных мигрантов — хлора, сульфатов, щелочноземельных металлов. Поскольку общий объем дренажного стока после рыхления возрастает, то даже при равных концентрациях ионов вынос элементов с дренажным стоком всегда оказывается большим после выполнения этого мероприятия. На рис. 11.4 и в табл. 72 приведены данные, полученные при изучении эволюции тяжелых дерново-подзолистых дренированных нерыхленных и рыхленных почв на легких бескарбонатных глинах в Вологодской области в 1982...1984 гг. Следует отметить и то, что абсолютные значения выноса щелочноземельных металлов находятся в тесной зависимости от минералогического состава почвообразующих пород и почв. Так, в дренажном стоке из дерново-глеевых почв на карбонатном глинистом элюво-делювии пермских отложений (табл. 73) вынос кальция оказался в 1,5...2,0 раза выше, чем из почв на кислых лессовидных породах (Зайдельман, 1986).

На фоне интенсивного земледелия, высоких урожаев и сбалансированного внесения извести и удобрений глубокое рыхление заболоченных дренированных почв на покровных, моренных, пермских и других отложениях создает благоприятные условия для работы мерелиоративной системы, повышения плодородия почв, оптимизации агропромышленного производства.

Таким образом, следует признать, что осушительные мероприятия не меняют исходно низкий уровень плодородия болотно-подзолистых почв. Они создают лишь условия для ведения сельскохозяйственного производства. Продуктивность таких почв определяется главным образом уровнем и культурой агропроизводства. Высокий уровень эффективного плодородия почв на кислых или выщелоченных породах может

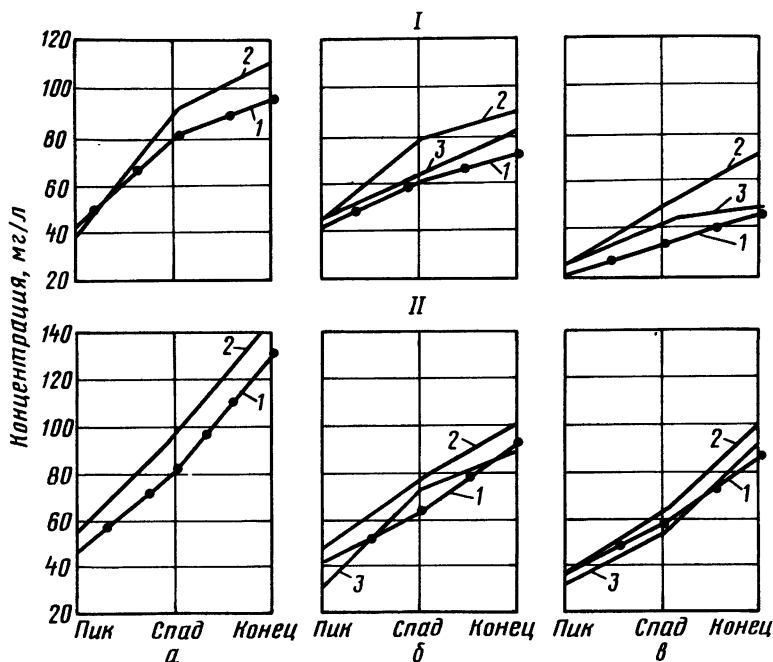


Рис. 11.4. Изменение концентрации иона кальция в водах дренажного стока после глубокого мелиоративного рыхления на фоне разной интенсивности дренирования:

междеренные расстояния а, б, в – соответственно 10, 20 и 40 м; 1 – контроль; 2 – активное рыхление; 3 – пассивное рыхление; I – первый год последствия; II – третий год последствия

быть создан только в результате известкования осушенных почв, систематического внесения органических и минеральных удобрений. Особое значение в этом случае приобретает система земледелия, направленная на сохранение и повышение почвенного плодородия.

Однако осушение может не только вызывать усиление зонального почвообразования на осушенных минеральных почвах (см. схему на левом форзаце), но и приводить в действие другие, не свойственные природным условиям зоны новые почвообразовательные процессы. Так, на обширных пространствах Нечерноземья получил широкое распространение процесс болотообразования. Он сопровождается накоплением торфа, темпы роста которого в средней и южной тайге ЕТС колеблются от 1 до 2 мм/год.

При осушении болотных массивов после осадки начинается процесс биохимического разложения органической массы. В зависимости от характера сельскохозяйственного использования на фоне черной культуры темпы такой сработки оказываются на порядок и более выше, чем темпы нарастания (0,5...2,3 см/год). Они могут быть усилены

7.2. Влияние глубокого рыхления на вынос кальция, калия и магния дренажными водами из оглеенных тяжелых дерново-подзолистых почв на лессовидных легких глинах (метеоритивный почвенно-гидрологический стационар "Сахарово – Лихтошь", Вологодская область)

Почвы	Вариант, междреннее рас- стояние, м	Объем стока, м ³ /га				Вынос химических элементов, кг/га							
		1982	1983	1984*		Ca ²⁺			K ⁺			Mg ²⁺	
						1982	1983	1984	1982	1983	1984	1982	1983
Глееватые	Контроль, 10	3048	—	3380	157	—	—	162	9,2	—	12,0	55	—
	Активное рыхление, 10	3710	—	3366	224	—	—	181	17,2	—	14,6	100	—
	Контроль, 20	3005	1906	3356	148	147	181	7,3	4,0	29	7,5	49	29
	Активное рыхление, 20	3750	3086	3566	210	264	231	12,9	8,7	80	9,7	70	70
	Пассивное — " — , 20	3705	3095	3587	201	230	178	11,3	6,7	40	9,4	64	40
Глеевые	Контроль, 40	1776	1939	2039	55	73	98	2,9	2,2	27	4,1	27	28
	Активное рыхление, 40	2280	1876	2080	83	126	101	6,0	4,2	25	5,1	44	25
	Контроль, 20	—	—	2856	—	—	157	—	—	—	8,0	—	—
	Активное рыхление, 20	—	2938	3383	—	202	232	—	6,2	—	10,7	—	99
													72

* 1982, 1983 и 1984 гг. — соответственно 1, 2 и 3-й годы последствий.

73. Вывос элементов и ионов с дренажными водами из почв разной степени заболоченности при разных уровнях вероятности ($P = 20/50\%$) за год, кг/га (мелиоративный почвенно-гидрологический стационар "Ивакинские пашни", Кировская область)

Междренные расстояния, м	Объем стока, м ³ /га	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	N(NO ₃)	HCO ₃ ⁻
<i>Дерново-глеевые почвы, контроль, 1978</i>									
20	2796	$\frac{260}{212}$	$\frac{135}{106}$	$\frac{36}{26}$	$\frac{4,1}{2,7}$	$\frac{136}{51}$	$\frac{92}{56}$	$\frac{13,0}{7}$	$\frac{1101}{1027}$
40	1842	$\frac{175}{143}$	$\frac{91}{73}$	$\frac{24}{18}$	$\frac{2,8}{1,7}$	$\frac{94}{34}$	$\frac{62}{37}$	$\frac{9,1}{4,8}$	$\frac{745}{702}$
<i>То же, глубокое мелиоративное рыление</i>									
20	4923	$\frac{459}{398}$	$\frac{195}{136}$	$\frac{47}{26}$	$\frac{6,9}{4,9}$	$\frac{136}{52}$	$\frac{83}{47}$	$\frac{13,7}{4,6}$	$\frac{1963}{1860}$
40	3340	$\frac{310}{268}$	$\frac{132}{93}$	$\frac{32}{18}$	$\frac{4,8}{3,3}$	$\frac{96}{37}$	$\frac{56}{33}$	$\frac{9,2}{3,1}$	$\frac{1339}{1243}$

интенсификацией дренажа (особенно при глубоком осушении), использованием торфяных почв в пропашном земледелии, пожарами и ветровой эрозией. В результате происходит быстрая сработка торфа и выход на дневную поверхность пород, образующих минеральное дно болот.

В северной тайге европейской территории, на юге таежной зоны Восточной и Западной Сибири осушение торфяных немерзлотных или кратковременно-мерзлотных почв (наличие мерзлоты в профиле до первой декады июня) в результате уменьшения теплоемкости торфяной толщи и температуропроводности переводит их в длительно-сезонно-мерзлотные, а в некоторых случаях — в постоянно-мерзлотные почвы.

Низкие температуры мерзлотного горизонта в этом случае тормозят сработку тофа. Биохимическое разложение весьма ослаблено в условиях холодного гумидного климата. Поверхностные горизонты профиля органогенных почв этих территорий обычно обеспечены влагой для создания урожая различных культур, в том числе трав. Однако в резко континентальном климате (например, в лесостепи и на юге лесной зоны Восточной Сибири, в северной тайге по долине р. Колымы и др.) в поверхностных горизонтах профиля таких почв запас влаги в вегетационный период оказывается весьма незначительным и получение урожая трав возможно только на фоне орошения. В этом случае полив дождеванием в летний период, так же как и в южной тайге, может вызвать усиление биохимического разложения органического вещества и интенсификацию сработки торфа.

При небольшой мощности таких органогенных почв системы комбинированного регулирования водного режима с применением дождевания могут в конечном итоге ухудшить состояние мелиорированных почв. Вместе с тем прямые наблюдения такого рода пока отсутствуют. Это определяет необходимость специального изучения вопросов эволюции органогенных почв высоких широт и континентальных районов азиатской части страны. Изложенное позволяет предложить следующую общую схему эволюции торфяных почв в Нечерноземной зоне СССР (см. схему на первом форзаце)*.

Рассмотренные представления об эволюции заболоченных и болотных почв актуальны не только при определении основных направлений мелиорации и сельскохозяйственного использования почв. Они важны и при определении перспектив реконструкции ландшафта. В этой связи следует обратить особое внимание на начатые в странах Западной Европы работы по вторичному восстановлению болотных ландшафтов после длительного сельскохозяйственного и энергетического использования, завершившегося полной сработкой торфа до минерального дна болот (Eggelsmann, 1987; Kuntze, 1987).

* При рассмотрении схем вторичной эволюции минеральных и торфяных почв приведена информация о возможном изменении их свойств под действием мелиоративных и агромелиоративных факторов, но не отражено влияние агрономического воздействия, которое, очевидно, может тормозить или приостановить деградационные явления (например, торможение *оподзоливания* при осушении дерново-слабоподзолистых глеевых почв в результате их интенсивного известкования и окультуривания).

В результате подтопления происходит постепенная репродукция растений-торфообразователей на ранее выработанной территории болотного массива и вторичное образование торфяных почв (Акке-манн, 1982). Несомненно, процесс реконструкции такого болотного ландшафта весьма продолжителен, что, однако, не исключает возможности использования подобных массивов в качестве гнездовых перелетных птиц, охотничьих угодий, зон размещения некоторых лекарственных растений, промышленных ягодников.

На укрупненных осушенных массивах усиливается дефляция. Это явление наблюдается не только на торфяных (Ярошевич, 1985), но и на минеральных почвах (Белоруссия, Латвия, Центральное Нечерноземье). Таким образом, непереносимое условие эффективного сельскохозяйственного производства — введение почвозащитных севооборотов, выполнение агротехнических и мелиоративных противодефляционных мероприятий.

На мелиорированных торфяных почвах Белорусского Полесья, по данным А. Г. Медведева, С. М. Зайко и других (1983), темпы сработки торфа составляют 3...20 т/га, или 0,5...4 см в год. Общая тенденция эволюции заключается в трансформации почв, оказавшихся в новых гидротермических условиях, в зональные почвы равнинных пространств (дерново-подзолистые легкие оглеенные почвы). Сохранить их плодородие и свойства можно только путем торможения или преодоления этой нежелательной тенденции. Решение такой задачи в условиях южнотаежной подзоны европейской территории представляется достаточно сложным мероприятием. Ряд ученых (Richardson, Smith, 1977) утверждают, что разложение будет продолжаться до тех пор, пока в верхних горизонтах содержание углерода не достигнет 3%. Г. Рогуска (1973) полагает, что большинство малозольных торфяников исчезнет полностью. Только сильнозаиленным органогенным почвам не угрожает полное исчезновение.

По наблюдениям А. Г. Медведева, С. М. Зайко и других (1983), после самотечного осушения в долине р. Припять скорость разложения торфяных почв на песках, темпы обработки и изменение структуры почвенного покрова приобретают весьма опасный характер (рис. 11.5, табл. 74). Эта неблагоприятная в экологическом и сельскохозяйственном отношениях тенденция может быть резко заторможена при условии использования торфяных почв в качестве зеленых угодий на фоне регулируемого шлюзования, внесения органических удобрений и других мероприятий, обеспечивающих положительный баланс углерода.

Следует подчеркнуть ряд обстоятельств, которые необходимо учитывать при освоении и сельскохозяйственном использовании торфяных немерзлотных почв. Во-первых, темпы минерализации органического вещества тесно связаны с ботаническим составом торфообразователей. Исследования Н. Н. Бамбалова (1984) показали, что при всех диапазонах влажности скорость минерализации осокового и гипнового торфов в 1,5...3,0 раза выше, чем древесного или тростникового (рис. 11.6). Во-вторых, органическое вещество старопашотных почв минерализуется медленнее. В-третьих, при оптимальном

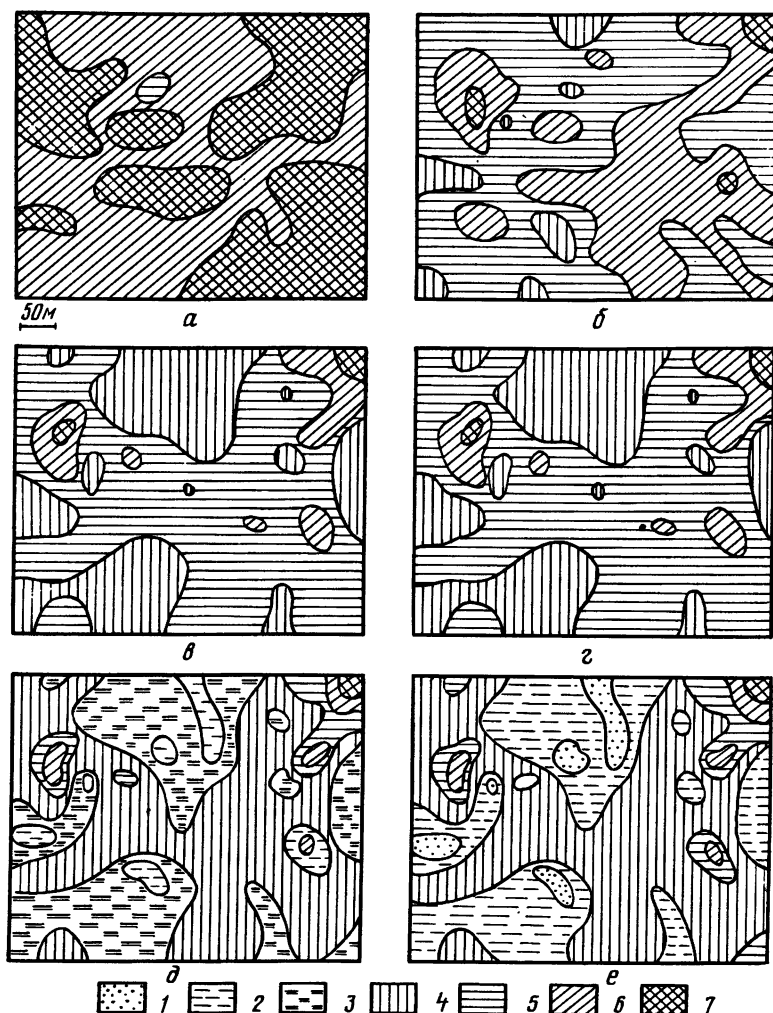


Рис. 11.5. Изменение структуры почвенного покрова болотного массива в бассейне р. Припять под влиянием самотечного осушения (по А. Г. Медведеву, С. М. Зайко и др.), Полесский опытно-мелиоративный стационар:

а – исходное состояние; *б* – состояние через 15 лет; *в* – прогноз на перспективу через 25 лет; *г* – то же, при пониженном балансе органического вещества; *д* – через 35 лет при нормальном УГВ; *е* – то же, при переосушении. Почвы:

1 – дерновые выщелоченные песчаные; 2 – дерново-глееватые песчаные; 3 – дерново-перегнойно-глееватые песчаные; 4 – торфянисто-глееватые; 5 – торфяно-глеевые; 6 – торфяно-болотные маломощные; 7 – торфяно-болотные среднемощные

CO₂, мз/100г об

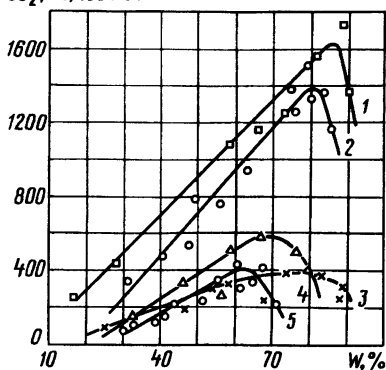


Рис. 11.6. Минерализация органического вещества почв с различным ботаническим составом торфа (по Н. Н. Бамбалоу). Почвы:

1 — объекта "Березовик" на гипновом торфе ($R = 10...15\%$, 12 лет в культуре); 2 — Полесский опытно-мелиоративный стационар на осоковом торфе ($R = 25...30\%$, 18 лет в культуре); 3 — объекта "Выгоношанское" на ольховом торфе ($R = 45\%$, 44 года в культуре); 4 — Полесской опытно-мелиоративной станции на тростниковом торфе ($R = 45\%$, 5 лет в культуре); 5 — Минской опытной болотной станции на тростниковом торфе ($R = 65\%$, 66 лет в культуре); R — степень разложения торфа

использовании торфяных почв для возделывания трав уровни грунтовых вод должны находиться близко к дневной поверхности. По данным К. Шварца, Д. Рота и других (1980), в Германии наиболее высокие урожаи трав были получены при залегании грунтовых вод на глубине 40 см при внесении 400 кг/га азотных удобрений.

74. Изменение площади осушенных почв и прогнозная оценка структуры почвенного покрова (см. рис. 11.5)

Почвенная разновидность	Почвы	1964	1974	1979	Прогноз на 1990 г.		
					при положительном балансе органического вещества (А)	при оптимальном УГВ (Б)	при переусушении (В)
1	Дерново-выщелоченные песчаные	—	—	—	—	—	—
2	Дерново-глееватые песчаные	—	—	—	—	1,5	31,8
3	Дерново-перегнойно-глееватые песчаные	—	—	—	—	17,2	24,7
4	Торфянисто-глееватые	—	6,3	32,8	32,8	57,6	26,2
5	Торфяно-глееватые	0,6	53,7	58,5	58,5	20,7	7,6
6	Торфяно-болотные маломощные	52,3	38,1	7,4	7,4	2,5	0,8
7	Торфяно-болотные среднemosные	47,1	1,9	1,3	1,3	0,5	0,4

В полесских ландшафтах Русской равнины, как правило, после быстрой сработки торфа в условиях самотечного осушения на дневную поверхность выходят пески или подстилающие торф известковые породы — луговая известь, луговой мергель, туф. Формируются так называемые глееземы. На жестких грунтовых водах при малой мощности торфа в южной и особенно в юго-западной части европейской территории Нечерноземья после осушения могут возникнуть *легкие* дерново-карбонатные почвы с невысоким уровнем плодородия, обогащенные луговой известью или мергелем.

В южной тайге, в зоне широколиственных лесов и лесостепи при заболачивании почв жесткими или ожелезненными водами после осушения возможны окарбоначивание органогенных почв или ожелезнение их профиля. Эти явления оказывают неблагоприятное влияние на плодородие почв, поскольку приводят к снижению их активной порозности, ретроградации фосфатов и могут вызвать ухудшение свойств почв до их сработки. В более высоких широтах, на севере южнотаежной подзоны, в подзонах средней и северной тайги в процессе эксплуатации торфяных почв низинных болот происходит активный вынос щелочноземельных металлов и их подкисление. Изменения pH в этом случае могут оказаться весьма значительными (около 0,5 pH за одну ротацию севооборота).

Иначе формируется профиль почвы после сработки слоя торфа при подстилании суглинистыми и глинистыми породами. В поверхностных слоях подстилающих пород образуется перегнойный аккумулятивный горизонт. На таких вторичных почвах возможны устойчивая культура земледелия и размещение широкого набора районированных культур. В гумидной зоне развитие сельскохозяйственного производства тесно связано с интенсивной мелиорацией почв как с одним из важнейших элементов земледелия. Здесь существуют определенные преимущества для выполнения мелиоративных работ, поскольку нет вторичного засоления почв, глубоких засух, слабо выражена эрозия, отсутствует проблема утилизации минерализованного дренажного стока и солей и др.

С помощью мелиорации в сельское и лесное хозяйства вовлекаются новые земельные массивы, ликвидируется мелкоконтурность полей, создаются условия для устранения на существующих пашнях вымочек, для эффективного использования территории, улучшения общей экологической обстановки.

Очевидно, уровень сельскохозяйственного производства определяет эффективность правильно построенных мелиоративных систем, тогда как совершенная инженерная мелиоративная система может оказаться нерентабельной при низком уровне агрономического производства.

Из осушенных почв выносятся щелочноземельные металлы, увеличивается подвижность алюминия, снижаются значения pH. Деградации почв может быть противопоставлена только постоянно действующая интенсивная система известкования и удобрения. Если в процессе эксплуатации она не реализуется, то в этом случае строительство

осушительных систем на кислых болотно-подзолистых почвах, как правило, малоэффективно или нецелесообразно. Вместе с тем на фоне интенсивной системы сельскохозяйственного освоения почв, высокой культуры земледелия эти почвы могут обеспечить стабильное получение высоких урожаев районированных культур.

Таким образом, следует подчеркнуть, что мелиорация в Нечерноземной зоне улучшает режим и свойства почв (главным образом их водный режим). Но при этом уровень эффективного плодородия мелиорированных почв зависит в первую очередь от состояния сельскохозяйственного производства. Поэтому мелиорация почв недопустима на фоне низкой культуры земледелия.

В гумидных ландшафтах в целом и особенно на мелиорированных почвах огромное значение имеет система севооборотов, соответствующая особенностям почвенного покрова. На мелиорированных почвах в настоящее время обычно не соблюдают намеченные мелиоративным проектом севообороты, нередко случаи монокультуры. Это приводит к деградации почв, снижению или полной потере плодородия, их исчезновению. Например, на торфяных почвах массива "Яхрома" в Московской области, осушенного более 25 лет назад, вот уже третье десятилетие выращивают монокультуру капусты. Это вызвало быструю сработку торфяных почв, их переуплотнение, заболевание растений, пожары и т. д.

Следует иметь в виду, что монокультура пропашных, особенно на фоне нерегулируемого режима, грунтовых вод способствует не только быстрой сработке органогенных почв, но и понижению гипсометрических уровней поверхности всей осушаемой территории. В результате уменьшается глубина залегания дрен, территория подвергается вторичному заболачиванию. Для того чтобы сохранить условия благоприятного водного режима почв, необходимо реконструировать систему и углубить дренаж. Это приводит, в свою очередь, к новой вспышке биохимического разложения торфа, и весь цикл повторяется до тех пор, пока на дневную поверхность не выйдет подстилаящая торф минеральная порода. В таких условиях торфяные почвы исчезают полностью. Этот процесс нередко усиливается дождеванием на фоне самотечного осушения. Монокультура пропашных особенно опасна в полесских ландшафтах, так как здесь после сработки торфа происходит выход на дневную поверхность бесплодного оглеенного песка или подстилающих торф карбонатов (луговой извести, мергеля, туфа). Создать условия для эффективного земледелия на таких породах достаточно сложно, нередко невозможно. После сработки торфа из-за неправильного сельскохозяйственного использования органогенных почв вышедшие на поверхность пески необходимо закреплять посадками сосны. Поэтому в настоящее время важно проверить и пересмотреть характер использования осушаемых почв, привести в соответствие систему ведения хозяйства с их свойствами.

Накопленный опыт показывает, что в южной тайге и ареале широколиственных лесов, т. е. в основных сельскохозяйственных районах, следует предусматривать использование маломощных (до 1 м) и средне-

мощных (1...2 м) торфяных почв только в качестве кормовых высокопроизводительных сенокосных угодий, а более мощные торфяные почвы — в системе травопольных севооборотов с высокой насыщенностью травами (50...60 %).

Целесообразная система травопольных севооборотов необходима не только на осушенных торфяных, но и на минеральных почвах. Она обязательна в поймах на структурных дерновых зернистых почвах, где в результате монокультуры пропашных на фоне интенсивного дождевания и дренажа в настоящее время резко ухудшились их агрегатное состояние, водопроницаемость, порозность и плотность. В равной мере травопольные севообороты необходимы на бесструктурных осушенных болотно-подзолистых почвах внепойменных пространств. Сельскохозяйственная техника на мелиорированных массивах Нечерноземной зоны сегодня отличается резким несоответствием свойствам почвенного покрова. Все шире и в гумидных ландшафтах на осушенных массивах применяют тяжелую колесную технику и транспортные средства с повышенным удельным давлением. Исследования последних лет показали, что даже на незаболоченных дерново-подзолистых почвах из-за уплотнения в результате применения такой техники происходит ежегодное снижение урожайности в среднем на 20 % и более. Эффект уплотнения распространяется на глубину до 80 см. При этом резко ухудшаются все важнейшие физические свойства почв.

Эти неблагоприятные явления в еще большей мере проявляются при работе тяжелых колесных машин на влажных весной и осенью осушенных заболоченных почвах. Под их влиянием резко снижается водопроницаемость поверхностных горизонтов, увеличивается поверхностный сток, в западинах аккумулируется значительно больше влаги, дренажные системы начинают функционировать в нерасчетных условиях. Для работы тяжелых колесных машин оказывается необходимым строительство дренажных систем особо интенсивного осушения, способных обеспечивать быстрый сброс гравитационной влаги. Однако даже такие системы на тяжелых почвах не обеспечивают необходимую проходимость техники, так как при влажности, соответствующей предельной полевой влагоемкости, т. е. в условиях, когда дренаж еще не сбрасывает ни одной капли гравитационной влаги, тяжелая колесная техника уже полностью или частично утрачивает способность к нормальному перемещению по полю.

Мелиорация в гумидных ландшафтах реализуется в сложных и весьма разнообразных климатических условиях. Она меняет режим и свойства почв, приуроченных к разнообразным материнским породам, а сами почвы формируются под действием разнообразных гидрологических факторов заболачивания. В этих условиях мелиоративные мероприятия могут быть достаточно эффективными только в том случае, если они целесообразно вписаны в природные условия региона.

Мелиорация принципиально меняет водный режим почв, их свойства как среды обитания растений. Поэтому без учета естественного и вторичного режимов почв, особенностей почв как среды обитания агроценозов нельзя объективно оценить необходимость мелиорации.

В монографии была предпринята попытка рассмотреть свойства и режимы мелиорируемых почв гумидных ландшафтов как среды обитания сельскохозяйственных растений и важнейшего элемента агроландшафта. С этих позиций изложены их экологические особенности и мероприятия по защите от деградации. Очевидно, что мероприятия по экологической охране мелиорируемых почв должны органически сочетаться с охраной флоры и фауны, а также других элементов ландшафта и, несомненно, с экологизацией самой конструкции мелиоративных систем в целом. Пока, к сожалению, этот блок знаний разработан весьма неполно. В отечественной практике он используется лишь на немногих объектах современного строительства. Однако вопросы экологической защиты мелиорируемой территории гумидных ландшафтов и ландшафта в целом выходят за рамки эколого-мелиоративного почвоведения и представляют как бы второй иерархический уровень. Поэтому их следует рассматривать самостоятельно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аверьянов С. Ф., Юневич Д. П., Игнатьева В. М. Глубокое осушение низинных болот // Гидротехника и мелиорация. 1960. № 5. С. 24...36.
- Алексейко И. С. Осушение торфяных мерзлотных почв в зоне БАМа // Гидротехника и мелиорация. 1987. № 8. С. 8...13.
- Апарин Б. Ф., Рубилин Е. В. Особенности почвообразования на двучленных породах Северо-Запада Русской равнины. — Л.: Наука, 1975.—195 с.
- Бальчюнас А. Кротование минеральных тяжелых почв // Бюллетень ЦБНТИ Минводхоза СССР. — М., 1976. № 10. С. 77.
- Бамбалов Н. Н. Баланс органического вещества торфяных почв и методы его изучения. — Минск: Наука и техника, 1984.—175 с.
- Белковский В. Н., Зоткин В. П. Повышение плодородия и рациональное использование торфяных почв. — М.: Россельхозиздат, 1986.—126 с.
- Бишоф Э. А. Особенности осушения болот Барабинской низменности. // Вопросы мелиорации Барабинской низменности. — Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1970, С. 172...183.
- Быстров С. В. Несколько данных о составе и образовании ортштейнов в подзолистых почвах // Труды Почвенного института им. В. В. Докучаева. — М.; Л.: 1936. Т. 13. С. 163...211.
- Вознюк С. Т., Олиневич В. А., Лыко Д. В. Пескование и эффективное плодородие мелиорируемых торфяников // Вестник с.-х. науки. 1978. № 10. С. 117...123.
- Войтюк С. П., Меновщиков В. П., Рыжаков А. М. Исследование осушающего действия щелевого дренажа в торфяниках западного побережья Камчатки // Мелиорация земель Сибири и Дальнего Востока. — М.: Агропромиздат, 1985, С. 33...38.
- Воронин А. Д. Основы физики почв. — М.: МГУ, 1986.—243 с.
- Гасанов А. М., Розанов Б. Г. Влияние осушительной мелиорации на пестроту свойств почв // Почвоведение. 1986. № 9. С. 83...89.
- Геммерлинг В. В. Некоторые данные для характеристики подзолистых почв // Русский почвовед. 1922. № 4...5. С. 20...27.
- Головко Д. Г. Земледелие на торфяных почвах и осушаемых пойменных землях. — Л.: Колос, 1975.—231 с.
- Горькова И. М. Теоретические основы оценки осадочных пород в инженерно-геологических целях. — М.: Наука, 1966.—136 с.
- Добровольский Г. В. Почвы речных пойм центра Русской равнины. — М: МГУ, 1968.—295 с.
- Докучаев Н. С. Изменение основных типов почв пойм рек в дельте реки Немана при гидромелиорации // Почвоведение. 1983. № 8. С. 24...33.
- Егорченков А. И., Дуров В. П. Гребневание как прием повышения продуктивности дренированных почв // Гидротехника и мелиорация. 1978. № 10. С. 67...71.
- Ефимов В. Н. Торфяные почвы и их плодородие. — Л.: Ленагропромиздат, 1986.—264 с.
- Зайдельман Ф. Р. Глееобразование и его роль в почвообразовании гумидных ландшафтов — итоги и перспективы исследований (к 80-летию статьи Г. Н. Высоцкого "Глей") // Вестник МГУ. Серия 17. Почвоведение. 1985. № 4. С. 7...15.
- Зайдельман Ф. Р. Об учете генезиса заболоченных почв при их мелиорации // Гидротехника и мелиорация. 1969. № 2. С. 35...43.

Зайдельман Ф. Р. Подзоло- и глееобразование. — М.: Наука, 1974, — 208 с.

Зайдельман Ф. Р. Минеральные и гидроморфные почвы лесной зоны // Почвоведение. 1965. № 12. С. 34...48.

Зайдельман Ф. Р. Режим и условия мелиорации заболоченных почв. — М.: Колос, 1975. — 320 с.

Зайдельман Ф. Р. Гидрологический режим почв Нечерноземной зоны. — Л.: Гидрометеиздат, 1985. — 328 с.

Зайдельман Ф. Р. Глубокое осушение низинных болот // Гидротехника и мелиорация. 1960. № 11. С. 25...31.

Зайдельман Ф. Р. Глубокое рыхление и бестраншейный дренаж в Нечерноземной зоне: перспективы и ограничения // Гидротехника и мелиорация. 1986. № 5. С. 39...45.

Зайдельман Ф. Р. Мелиорация почв. — М.: МГУ, 1987. — 304 с.

Зайдельман Ф. Р. Принципы и опыт классификации минеральных почв гумидных ландшафтов по степени гидроморфизма и заболоченности // Почвоведение. 1984. № 2. С. 5...14.

Зайдельман Ф. Р., Болатбекова К. С. Влияние глееобразования на некоторые физико-механические и химические свойства тяжелых почвообразующих пород Нечерноземной зоны РСФСР // Вестник МГУ. Серия 17. Почвоведение. 1984. № 4. С. 24...30.

Зайдельман Ф. Р., Вашкова С. И., Резников И. В. Водопроницаемость дренажных насыпок на осушительных системах Нечерноземья // Гидротехника и мелиорация. 1987. № 8. С. 47...51.

Зайдельман Ф. Р., Никифорова А. С. Диагностика и эколого-гидрологическая оценка целесообразности дренажа дерново-подзолистых почв на двухчленных отложениях // Почвоведение. 1982. № 10. С. 81...89.

Зайдельман Ф. Р., Никифорова А. С., Санжаров А. И. Кутаны и орштейны неоглеенных и оглеенных дерново-подзолистых почв на карбонатной морене и их диагностическое значение // Почвоведение. 1979. № 1. С. 117...124.

Зайдельман Ф. Р., Никифорова А. С. Диагностика степени гидроморфизма светло-бурых и дерново-подзолистых почв // Почвоведение. 1986. № 2. С. 5...15.

Зайдельман Ф. Р., Нарокова Р. П. Глееобразование при застойном и промывном режимах в условиях лабораторного моделирования // Почвоведение. 1978. № 3. С. 42...53.

Зайдельман Ф. Р., Оглезнев А. К. Определение степени заболоченности по свойствам конкреций // Почвоведение. 1971. № 10. С. 94...101.

Зайдельман Ф. Р., Резников И. В. Изменение коэффициентов фильтрации тяжелых почв на пермских карбонатных и покровных породах под влиянием заболачивания, дренажа и глубокого мелиоративного рыхления // Биологические науки. 1985. № 11. С. 95...101.

Зайдельман Ф. Р., Рыдкин Ю. И., Земскова Т. П. Диагностическое значение кутан и орштейнов для оценки степени заболоченности серых лесных почв // Почвоведение. 1987. № 4. С. 85...94.

Зайдельман Ф. Р., Рыдкин Ю. И., Коломиец А. В. Водный режим серых лесных неоглеенных и оглеенных почв, их агроэкологическая и мелиоративная оценка // Почвоведение. 1985. № 2. С. 33...47.

Зайдельман Ф. Р., Скрынникова И. Н., Чумичева Г. Д., Никифорова А. С., Морозова Е. Ю. Почвенно-мелиоративные условия // Почвенно-геологические условия Нечерноземья. — М.: МГУ, 1984, С. 464...495.

Зайдельман Ф. Р., Старцев А. Д. Окислительно-восстановительный и гидротермический режим неоглеенных и оглеенных почв на пермском карбонатном элювии // Биологические науки. 1987. № 8. С. 102...109.

Зайдельман Ф. Р., Старцев А. Д. Диагностика древнего и современного оглеения в почвах на элювии пермских красноцветных отложений // Вестник МГУ. Серия 17. Почвоведение. 1987. № 4. С. 49...51.

Зайко С. М., Вашкевич Л. Ф., Свирновский Л. Я. Изменение

структуры почвенного покрова мелиоративных территорий // Проблемы Полесья. Вып. 7. — Минск: Наука и техника, 1981, с. 181...185.

Ивицкий А. В. Исследование норм осушения болот. — Труды БелНИИ мелиорации и водного хозяйства. Т. VIII. — Минск, 1958, с. 35...54.

Изергин А. Н. Эффективность узкозагонной вспашки и кротования на избыточно-увлажненных тяжелых почвах Архангельской области // Бюллетень научно-технической информации по с.-х. мелиорации в Нечерноземной полосе. 1957. № 3. С. 27...30.

Калужный И. Я., Павлова К. К. Формирование потерь малого стока. — Л.: Гидрометеиздат, 1981. — 160 с.

Карманова Л. А. Общие закономерности соотношения и распределения форм железа в основных генетических типах почв // Почвоведение. 1978. № 7. С. 49...62.

Кашанский А. Д. Подзолистые почвы на двучленных наносах европейского Севера СССР // Современные почвенные процессы. — М., 1974, с. 112—135.

Кликашев А. Н. Почвенный покров центральных районов Кировской области // Ученые записки Кировского педагогического института. 1958. Вып. 14. С. 28...54.

Кошев В. П. Промерзание и оттаивание осушенных минеральных почв в дельтовой пойме р. Сев. Двины // Мелиорация сезонно-мерзлотных почв: Труды СевНИИГиМа, 1981, с. 61...63.

Кульчицкий Л. И. Роль воды в формировании свойств глинистых пород. — М.: Недра, 1975. — 211 с.

Кунтце Г. Загрязнение почв железом и заохривание труб. — М.: Агропромиздат, 1986. — 103 с.

Лебедев Н. Ф. Водный режим торфяно-болотных почв и урожай сельскохозяйственных культур. — Труды института мелиорации, водного и болотного хозяйства АН БССР. — Минск, 1954, с. 64.

Логинов И. И. Изменение торфяных почв Барабинской низменности под влиянием мелиорации. Мелиорация земель Сибири и Дальнего Востока. — М.: Агропромиздат, 1985, с. 44...48.

Маслов Б. С. Осушительные системы в пойме р. Яхромы и некоторые вопросы строительства закрытого дренажа // Гидротехника и мелиорация. 1963. № 11. С. 46...50.

Матинян Н. Н., Толчельников Ю. С., Хитров Н. Б. Формы железа и алюминия во временно-переувлажняемых почвах таежной зоны // Почвоведение. 1980. № 7. С. 56...65.

Меннинг П. Гидрология и мелиорация минеральных почв (на примере ГДР). — М.: МГУ, 1984. — 70 с.

Миляускас В. В. Влияние дренажа на физические и агрохимические свойства избыточно-увлажненных почв Литовской ССР // Почвоведение. 1963. № 1. С. 61...74.

Мухаметзянов Г. И., Логинов И. И. Влияние осушения и длительного сельскохозяйственного использования на баланс солей торфяных почв Барабинской низменности. Мелиорация земель Сибири и Дальнего Востока. — М.: Агропромиздат, 1985, с. 49...53.

Окунева М. И. Особенности водного режима и осадки торфа на осушенных мелких торфяниках // Труды СевНИИГиМа. 1957. Вып. 13.

Перельман А. И. Почва как биокосная система земной коры. Труды X Международного конгресса почвоведов. — М.: 1974, т. 6 (1), с. 28...32.

Петрович П. И. Торфяные почвы долины р. Селенги и их сельскохозяйственное использование. — Улан-Удэ: Бурятское книжное изд-во, 1965. — 94 с.

Подлипенко Ф. А. Мелиоративное земледелие и его роль в повышении плодородия почв и эффективности осушения земель // Научные основы мелиорации почв. — М., 1972, с. 41...58.

Протасов Л. А. Минералогический состав илистой фракции дерново-бурых и коричнево-бурых почв Пермской области // Научные основы повышения плодородия почв. — Пермь, 1982, с. 56...61.

Рабочев И. С., Бахтин П. У., Аксененко В. Д., Гавалов И. В. Минимальная обработка почвы и борьба с ее переуплотнением. — М.: Знание, 1980.—62 с.

Ракитников А. Н. Сельскохозяйственное использование территории // Почвенно-геологические условия Нечерноземья. М.: МГУ, 1984, с. 550...567.

Розин В. А. Осушение тяжелых минеральных избыточно увлажненных почв с применением агромелиоративных мероприятий // Труды СевНИИГиМа. Л., 1957. Вып. 12. С. 71...97.

Розов Л. П. Почвенно-динамические процессы в подзолистых почвах при их дренировании // Почвоведение. 1937. № 5. С. 682...692.

Романова Т. А., Ивахненко Н. Н. Генезис и водный режим полугидроморфных почв на покровных суглинках центральной Белоруссии // Почвоведение. 1981. № 5. С. 16...27.

Свиклис П. Б. О форме кривой депрессии и коэффициенте депрессии при действии дренажа на дерново-карбонатных почвогрунтах // Вопросы осушения и освоения осушенных земель. — Рига, 1958, с. 27...48.

Сибирцев Н. М. Почвоведение. — СПб.: 1900—1901, тип. И. Н. Скороходова. — 544 с.

Скворцов А. Ф. Глееобразование и физические свойства почв // Почвоведение. 1957. № 11. С. 97...104.

Скрынникова И. Н. Почвенные процессы в окультуренных торфяных почвах. — М.: АН СССР, 1961.—248 с.

Соовик Э. А. Региональный метод определения междренних расстояний // Гидротехника и мелиорация. 1987. № 2. С. 46...48.

Степанов А. Н., Панасюк Е. А., Рыжак А. Т. Осушение тяжелых почв Дальнего Востока бестраншейным дренажем // Гидротехника и мелиорация. 1986. № 10. С. 37...42.

Сталбов Р. Я. Улучшение склоновых земель Нечерноземья. — М.: Колос, 1984.—144 с.

Смилга Х. А. О методах определения коэффициента фильтрации осушаемых почв. — Труды ЛатНИИГиМа, 1967, № 6 (13), с. 90...120.

Такке Б. Научные основы культуры болот. — М.: Сельхозгиз, 1930.—96 с.

Татарченков М. И., Швирст А. Т. Создание сенокосов на осушенных термокарстовых озерах Чукотки. Кормопроизводство на Крайнем Севере // Труды ВАСХНИЛ. — М.: Колос, 1981.

Томберг У. Х. Об оптимальной глубине заложения дрен // Гидротехника и мелиорация. 1966. № 8. С. 37...39.

Томберг У. Х. Дифференциация мелиоративных мероприятий и параметров систем в гумидной зоне по степени гидроморфизма почв // Вестник сельскохозяйственной науки. 1988. № 4. С. 38...46.

Томирдиаро С. В. Природные процессы и освоение территорий зоны вечной мерзлоты. — М.: Недра, 1978.—145 с.

Федотова З. Д., Страутыня В. П. Исследования заиления пластмассовых дрен соединениями железа // Труды ЛатНИИГиМа. — Елгава, 1971, № 13 (20), с. 43...80.

Филатов М. М. К вопросу о генезисе ортзанда // Русский почвовед. 1922. № 1...3. С. 22...24.

Черныш А. Ф. Влияние осушительной мелиорации на основные свойства и продуктивность дерново-подзолистых заболоченных почв. — Минск, 1986.—18 с.

Шкинск Ц. Н. Гидрологическое действие дренажа. — Л.: Гидрометеиздат, 1981.—309 с.

Шраг В. И. Пойменные почвы, их мелиорация и сельскохозяйственное использование. — М.: Россельхозиздат, 1969.—267 с.

Шпогис К. А. Научная система земледелия: проблемы и пути развития ее подсистем // Известия АН ЛатССР. 1987. № 3 (476). С. 3...15.

Эггелсманн Р. Руководство по дренажу. — М.: Колос, 1984.—345 с.

Ярошевич Л. М., Жилко В. В., Кислов Н. В. Факторы проявления

и меры борьбы с дефляцией торфяно-болотных почв // Проблемы Полесья. — Минск: АН БССР, 1981, вып. 7, с. 112...119.

A k k e r m a n n R. Regeneration von Hochmoor. — BSH-Verlag, Bd. 3, s. 334.

B a d e n W. Rekultivierung von Moor — und Anmoorkulturen // Z. Kulturtechn. u. Flurberein. 1968. H. 9. S. 353...363.

B o r h e r t H., M e d e r e r I. Über die Möglichkeit einer Voraussage des Lockerungserfolges bei tiefgelockerten Böden // Z. Kulturtechn. u. Flurberein. 1985. Bd. 36. N 5. S. 282...294.

B l ü m e H. P., S h v e r t m a n n U. Genetic Evaluation of Profile Distribution of Aluminium, Iron and Manganese Oxides // Soil Sci. Soc. Am. Proc. 1969. V 33. N 3. P. 438...444.

D ö r t e r K. et. al. Landwirtschaftliche Meliorationen. — DLWS — Verlag. Berlin, 1986, S. 316.

E g g e l s m a n n R. Hochmoor-Regeneration verlangt eine nahezu horizontale Mooroberfläche // Natur u. Landschaft. Bremen. 1987. 62. N 6. S. 241...246.

F l e y C. L. The soil drainability factor in Land classification // J. Irrigation and Drainage Division, 1961. V. 82. N 3. P. 47...62.

F r i e l i n g h a u s M., S p i t z e l M. Wirkung der Tieflockerung und Tiefdüngung der die Durchwurzelung des Unterbodens einer Tiefland — Fahlerde // Arch. Acker — u. Pflanzenbau u. Bodenk. 1976. Bd. 20. N 5. S. 369...380.

G o t t l i c h K., K u n t z e H. Moorkultivierung, Nutzung und Verwendung in Land und Forstwirtschaft. Moor und Torfkunde. Stuttgart, 1980, S. 335.

G e i s l e r G. Morphogenetische Wirkung von CO₂ — und O₂ auf das Wurzelsystem. — Pseudogley u. Gley. Verlag Chemie, Weinheim, 1973, S. 557...567.

H a r r a c h T., W o u r t s a k i s A. Der Einfluss der Tiefenbearbeitung auf und physikalischen Eigenschaften von Pseudogleyen. — Pseudogley and Gley, Weinheim, Verlag Chemie, 1973.

K e z d i J. Soil physics. — Budapest, Akad. Kiado, 1979, p. 160.

K u n t z e H., V e t t e r H. Bewirtschaftung und Düngung von Sandmischkulturen. — Landwirtschaftsverlag, Wesser-Ems GmbH, Oldenburg, 1980, S. 3...120.

K u n t z e H. Prozesse der Bodenentwicklung auf Sandmischkulturen // Berichte der Sektion IV der DGMT. Hannover. 1987. Bd. 17. S. 41...49.

K u n t z e H., E g g e l s m a n n R. Erkennen und Bestimmen der Verockerungsgefahr für Dräne im Felde // Wasser und Boden. 1974. Bd. 26. S. 294...297.

L e h f e l d t J., P a u l R., U n g e r H., W e r n e r D. Funktionsnachweis einer mechanisch-biologischen Komplexlösung zur Krumenbasismelioration von Lö — und V-Standorten. — FZB — Report, 1987, S. 40...43.

M c K e a g u e I. A., T o p p G. C. Pitfalls in Interpretation of Soil drainage from Soil Survey Information // Can. J. Soil. Sci. 1986. v. 66. N 1. P. 37...44.

N e u d e c k e r J. Dränspülanlagen zur Beseitigung von abgelagerten Ocker // Österreichischer Wasserwirtschaft. 1956. Bd. 8. H. 3. S. 67...72.

O k r u s z k o H., K o z a k i e w i c z A. Humifikacja i mineralizacja jako elementy składowe procesu murczenia gleb torfowych. Zecz. probl. poster, nauk roln (ZPPNR) // 1973, Z-146, S. 63...76.

П е н к о в М. Мелиоративно дълбоко разрохиване на тежките (глинести) сезонно повърхностно преовлажнени и уплътнени почви в България. — София. 1987, с. 175.

R i c h a r d s o n S. J., S m i t h J. Peat wastage the east auglian Fens // Soil Sci. 1977. V. 28. N 3. P. 485...489.

R o g u s k i W. Kształtowanie się siedlisk jako wych na torfowisnach. ZPPNR // Warszawa, 1973, Z-146, S. 13...32.

S c h m i d t W., K r e i l W. Degradierung der Moore Intensivierung des Graslandes // Feldwirtschaft. 1982. B. 23. N 4. S. 162...163.

S c h r ö d e r D., S c h a r p e n s e e l H. W. Infiltration von Tritiummarkiertem Wasser in zwei tiefgelockerten Graulehm-Pseudogleyen // Z. Pflanzenern. u. Bodenk. 1975. N 4—5. S. 483...488.

S c h r ö d e r D., S c h u l t e - K a r r i n g H. Nachweis 20-jähriger samkeit von

Tieflockerungsmassnahmen in lössbeeinflussten Graulehm – Pseudogleyen // Z. Pflanzenern. u. Bodenk. 1984. B. 147. N 5. S. 540...552.

Schulte-Karring H. Die meliorative Bodenbewirtschaftung. Anleitung zur fach gerechten und nachhaltigen Verbesserung der Staunasseboden. – Druck R. Warlich, Ahrweiler, 1970, S. 170.

Schulte-Karring H. Die Technik der Tieflockerung. – Ahrweiler, 1986, S. 39.

Wallenburg C. Hydromorphic soil characteristics in alluvial soil with soil drainage. Pseudogley, Gley, Weinhein, 1973, p. 393...403.

Werner D., Pittelkow H. Zur Entwicklung von Unterböden nach Gefügemelioration // Arch. Acker u. Pflanzenbau u. Bodenk. 1979. Bd. 23. H. 12. S. 721...732.

Werner D. Morphologische Untersuchungen zur Stabilität von Bodenlockerstrukturen // Arch. Acker. u. Pflanzenbau u. Bodenk. 1978. Bd. 22. H. 8. S. 483...493.

Zeidelman F. R. Neubildungen hydromorpher Mineralboden der UdSSR, ihre Klassifikation und diagnostische Bedeutung // Geoderma. N 12. 1974. S. 121...135.

Zeitz J., Titze E., Wertz G. Gefügemelioration und Dränung auf Tieflehmstaugleyen im Norden der DDR // Arch. Acker. u. Pflanzenbau u. Bodenk. 1982. Bd. 26., H. 9. S. 561...570.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Факторы почвообразования, зональные и провинциальные особенности мелиорации почв и их сельскохозяйственного использования	7
1.1. Климатические условия и общая направленность мелиоративных мероприятий	7
1.2. Почвообразующие породы	11
1.3. Причины заболачивания почв	14
2. Современные процессы почвообразования как основная причина трансформации свойств почвообразующих пород	15
3. Морфология гидроморфных почв и ее диагностическое значение	19
3.1. Морфохроматические признаки оглеения профиля; цвет и мощность подзолистых горизонтов	20
3.2. Конкреционные и неконкреционные новообразования гидроморфных почв	26
3.3. Реликтовые признаки гидроморфизма в почвах Нечерноземной зоны	31
3.4. Изменение морфологических признаков гидроморфизма во времени и под влиянием дренажа	32
3.5. Диагностика целесообразности оптимизации гидрологического режима осушенных почв на объектах реконструкции	40
4. Физические свойства гидроморфных почв и их изменения под влиянием мелиорации	44
4.1. Общие положения. Критические характеристики	45
4.2. Изменения гранулометрического, микро- и макроагрегатного состава почвообразующих пород под влиянием глееобразования	47
4.3. Влияние глееобразования на удельную поверхность твердой фазы	59
4.4. Глееобразование как фактор текстурно-глинистой дифференциации почвенного профиля и формирования водоупорных горизонтов	62
4.5. Влияние глееобразования на усадку, степень и влажность набухания, пластичность и консистенцию	64
4.6. Основные закономерности изменения коэффициента фильтрации почв Нечерноземной зоны	67
4.7. Изменение коэффициента фильтрации минеральных оглеенных и торфяных почв под влиянием дренажа	73
5. Водный и температурный режимы гидроморфных почв и их изменения под влиянием осушения. Принципы классификации и оценки целесообразности мелиорации	75
5.1. Гидротермический режим осушенных постоянно-мерзлотных минеральных почв тундры	77
5.2. Гидротермический режим, свойства и особенности мелиорации мерзлотных торфяных почв	89
5.3. Гидрологический режим заболоченных почв юга тайги и зоны широколиственных лесов	100

5.4. Эколого-гидрологический принцип классификации минеральных почв при оценке целесообразности их осушения и использования . . .	117
6. Эколого-экономическая оценка целесообразности осушения минеральных почв разной степени заболоченности	159
7. Опыт количественной диагностики степени заболоченности минеральных почв	169
7.1. Общие положения	169
7.2. Методы количественной диагностики степени заболоченности минеральных почв	171
7.3. Количественная диагностика степени заболоченности по свойствам ортштейнов почв с естественным водным режимом и после дренажа	179
7.4. Возможные критерии диагностики степени заболоченности карбонатных почв на элювии пермских пород	180
7.5. Диагностика степени заболоченности легких почв на среднемощных двучленах	182
7.6. Диагностика степени заболоченности легких (ортзандовых) почв на ожелезненных грунтовых водах	186
8. Оксидные, солевые и сапропелевые аккумуляции в почвах и водах гумидных ландшафтов, их влияние на дренаж и плодородие почв	192
8.1. Оксиды железа, их влияние на плодородие почв и дренаж	193
8.2. Влияние карбонатов кальция в почве на продуктивность сельскохозяйственных растений	206
8.3. Гипс в почвах гумидных ландшафтов	209
8.4. Сапропель и его влияние на сельскохозяйственные растения	210
8.5. Хлоридно-сульфатные легководорастворимые солевые аккумуляции в торфяных длительно-сезонно-мерзлотных почвах	212
9. Эколого-гидрологические и почвенно-генетические аспекты при проектировании дренажа и оценке его действия	215
9.1. Степень заболоченности почв как фактор рационального расчета дренажа	215
9.2. Бестраншейный пластмассовый дренаж	221
9.3. Глубина заложения дрен при осушении заболоченных и болотных почв	233
10. Особенности земледелия и агромелиорации на осушенных почвах. Системы мелиораций	244
10.1. Кротование	244
10.2. Глубокое мелиоративное рыхление	247
10.3. Пескование и песчаная покровная (римпауская) культура торфяных почв	270
10.4. Песчаная смешанно-слоистая культура болотных почв	274
10.5. Состав мероприятий по мелиорации заболоченных и болотных почв	276
11. Эволюция мелиорированных почв гумидных ландшафтов	284
11.1. Естественные и антропогенные факторы пестроты почвенного покрова осушенных территорий и урожай	285
11.2. Эволюция мелиорированных гидроморфных почв и вопросы экологической защиты ландшафта	298
Список литературы	311

CONTENTS

Introduction	3
1. Factors of pedogenesis. Zonal and provincial peculiarities of melioration of soils and of their agricultural use	7
1.1. Climatic conditions of humid landscapes and general trends in meliorative measures	7
1.2. Soil – forming rocks	11
1.3. Reasons behind soil bogging	14
2. Recent processes of pedogenesis as the basis reason for transformation of properties in soil – forming rocks	15
3. Morphology of hydromorphic soils and its diagnostic significance	19
3.1. Morphological characters of profile gleying: colour and thickness of podzolic horizons	20
3.2. Concretion and nonconcretion neoformations in hydromorphic soils	26
3.3. Relict features of soil hydromorphism in humid landscapes	31
3.4. Morphological features of hydromorphism as changing in time and due to drainage	32
3.5. Diagnostics of feasibility to optimize the hydrological regime of drained soils on reconstruction objects	40
4. Physical properties of hydromorphic soils and their changes due to melioration	44
4.1. General concepts. Critical characteristics	45
4.2. Changes in the granulometric, micro- and macroaggregate composition of soil-forming rocks due to gleying	47
4.3. Specific surface of solid phase as affected by gleying	59
4.4. Gleying as a factor of fabric-clay differentiation of soil profile and appearance of water-confining horizons	62
4.5. Shrinkage, degree and moisture of swelling, plasticity and consistency of soil as affected by gleying	64
4.6. Basic regularities of changes in the soil filtration coefficient	67
4.7. CF of mineral gleyed and peat soils as changing due to drainage	73
5. Water and temperature regimes of hydromorphic soils and their changes due to deaquation. Principles to classify and estimate the feasibility of melioration	75
5.1. Hydrothermal regime in drained permanently frost mineral soils of tundra	77
5.2. Hydrothermal regime, properties and peculiarities of melioration of permafrost peat soils	89
5.3. Hydrological regime of bogged soils in southern taiga and in the zone of broad-leaved forests	100
5.4. Ecologo-hydrological principle to compile classifications of mineral soils when assessing their feasible drainage and use	117
6. Ecologo-economic estimation of feasibility to drain mineral soils with different degree of bogging	159
7. Experience in quantitative diagnostics of the degree of bogging in mineral soils	169
7.1. General concepts	169
7.2. Methods of quantitative diagnostics of the degree of bogging in mineral soils	171

7.3. Quantitative diagnostics of the degree of bogging according to the properties of ortsteins in soils with natural water regime and after their drainage	179
7.4. Possible criteria to diagnose the degree of bogging in carbonaceous soils on Permian rock eluvium	180
7.5. Diagnostics of the degree of bogging in light soils on medium-thick oinomials	182
7.6. Diagnostics of the degree of bogging in light (ortzand) soils on ferruginous ground water	186
8. Oxide, salt and sapropel accumulations in soils and water, their impact on drainage and fertility of soils	192
8.1. Iron oxides, their impact on fertility and drainage of soils	193
8.2. Productivity of agricultural plants as affected by calcium carbonates	206
8.3. Crop yields as affected by gypsum	209
8.4. Sapropel and its impact on agricultural plants	210
8.5. Chloride-sulfate ready water-soluble accumulations in peat long-season-frost soils	212
9. Ecologo-hydrological and soil-genetic aspects in designing soil drainage and its assesment	215
9.1. The degree of soil bogging as a factor of rational computation of drainage	215
9.2. Trenchless plastic drainage	221
9.3. Depth of drain setting in drainage of bogged and swampy soils	233
10. Peculiarities of farming and agromelioration on drained soils. Systems of meliorations	244
10.1. Moling (mole drainage)	244
10.2. Deep meliorative loosening	247
10.3. Sanding and sandy cover cultivation of peat soils	270
10.4. Sandy mixed-layer cultivation of swampy soils	274
10.5. Set of measures to meliorate bogged and swampy soils	276
11. Evolution of meliorated soils in humid landscapes	284
11.1. Natural and anthropogenic factors responsible for the diversity of soil cover on drained territories and the crop yield	285
11.2. Evolution of meliorated hydromorphic soils and ecological protection of landscape	289

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Зайдельман Феликс Рувимович

ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОЕ ПОЧВОВЕДЕНИЕ ГУМИДНЫХ ЛАНДШАФТОВ

Заведующая редакцией *А. И. Гераськина*. Художественный редактор *Н. А. Николаева*. Технический редактор *Н. С. Шуришалова*. Корректор *В. Н. Маркина*

ИБ № 7462

Сдано в набор 10.07.90. Подписано в печать 28.11.90. Формат 60 × 90¹/₁₆. Бумага офсетная № 2. Гарнитура Пресс-Роман. Печать офсетная. Усл. печ. л. 20. Усл. кр.-отт. 20,50. Уч.-изд. л. 23,99. Изд. № 141. Тираж 1700 экз. Заказ № 39. Цена 5 р. 10 к.

Ордена Трудового Красного Знамени ВО "Агропромиздат", 107807, ГСП-6, Москва, Б-78, ул. Садовая-Спасская, 18.

Московская типография № 6 Государственного комитета СССР по печати. 109088, Москва, Ж-88, Южнопортовая ул., 24.