

Продовольственная и
сельскохозяйственная организация
Объединенных Наций

ECFS

Eurasian Center
for Food Security

Евразийский центр
по продовольственной
безопасности

Руководство по управлению засоленными почвами

План реализации Евразийского почвенного партнерства

GLOBAL SOIL PARTNERSHIP



Руководство по управлению засоленными почвами

План реализации Евразийского почвенного партнерства

Руководящий документ по Ключевому направлению 2. Результат 2.3. Развитие потенциала в области устойчивого управления почвенными ресурсами, сохранения и восстановления почв, управления почвенной информацией и консультационных услуг

Под редакцией Р. Варгаса, Е.И. Панковой, С.А. Балюка,
П.В. Красильникова и Г.М. Хасанхановой

Published by the
Food and Agriculture Organization of the United Nations
and Lomonosov Moscow State University

ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ
Рим, 2017

Отказ от ответственности и авторские права

Используемые обозначения и представление материала в настоящем информационном продукте не означают выражения какого-либо мнения со стороны Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО), или Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (МГУ) относительно правового статуса или уровня развития той или иной страны, территории, города или района, или их властей, или относительно делимитации их границ или рубежей. Упоминание конкретных компаний или продуктов определенных производителей, независимо от того, запатентованы они или нет, не означает, что ФАО, или МГУ одобряет или рекомендует их, отдавая им предпочтение перед другими компаниями или продуктами аналогичного характера, которые в тексте не упоминаются.

Мнения, выраженные в настоящем информационном продукте, являются мнениями автора (авторов) и не обязательно отражают точку зрения ФАО, или МГУ.

ФАО поощряет тиражирование и распространение материалов, содержащихся в настоящем информационном продукте. Разрешается их копирование, скачивание и распечатка для персонального использования, исследовательских и образовательных целей, или для использования в некоммерческих продуктах и услугах, при условии, что приводится надлежащая ссылка на ФАО как источник и держатель авторского права, и что ни в какой форме не утверждается, что ФАО поддерживает взгляды, продукты и услуги пользователя данного материала.

Заявки на получение разрешения на тиражирование или распространение материалов ФАО, защищенных авторским правом, а также все другие запросы, касающиеся прав и лицензий, следует оформлять по следующей ссылке *www.fao.org/contact-us/licence-request* или направлять по электронной почте по адресу: *copyright@fao.org*

Информационные продукты ФАО доступны на веб-сайте ФАО (*www.fao.org/publications*) и могут быть куплены через *publications-sales@fao.org*

ISBN 978-92-5-409772-1 (ФАО)
© ФАО, 2017

Disclaimer and Copyright

The designations employed and the presentation of material in this information product do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), or of Lomonosov Moscow State University (MSU) concerning the legal or development status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. The mention of specific companies or products of manufacturers, whether or not these have been patented, does not imply that these have been endorsed or recommended by FAO, or MSU in preference to others of a similar nature that are not mentioned. The views expressed in this information product are those of the author(s) and do not necessarily reflect the views or policies of FAO, or MSU.

FAO encourages the use, reproduction and dissemination of material in this information product. Except where otherwise indicated, material may be copied, downloaded and printed for private study, research and teaching purposes, or for use in non-commercial products or services, provided that appropriate acknowledgement of FAO as the source and copyright holder is given and that FAO's endorsement of users' views, products or services is not implied in any way.

All requests for translation and adaptation rights, and for resale and other commercial use rights should be made via *www.fao.org/contact-us/licence-request* or addressed to *copyright@fao.org*.

FAO information products are available on the FAO website (*www.fao.org/publications*)
and can be purchased through *publications-sales@fao.org*

ISBN 978-92-5-409772-1 (FAO)
© FAO, 2017

Фото на обложке Gulchekhra Khasankhanova

Содержание

Предисловие VIII
Часть I. Управление засолением почв в Евразийском регионе 2
Глава 1. Засоленные почвы Евразийского региона: диагностика, критерии и распространение 3
1.1. Определения 3
1.2. Диагностика и методы оценки засоления почв и воды 3
1.3. Основные причины, источники солей и воздействие засоления 8
1.4. Распространение засоленных почв в Евразийском регионе 11
Глава 2. Методы обследования, картографирования и мониторинга засоленных и солонцовых почв 16
2.1. Методы обследования и картографирования засоленных и солонцовых почв: наземные и дистанционные методы, аэрофотосъемка, ГИС - картографирование 16
2.2. Методы оценки современных процессов соленакопления в почвах по данным разовых солевых съемок 18
2.3. Организация и проведение мониторинга почв сучетом европейского опыта 19
2.4. Мониторинг засоления почв с использованием дистанционного зондирования (на примере орошаемых территорий Центральной Азии) 21
2.5. Опыт стран Евразийского региона в проведении мониторинга 25
2.5.1. Организация обследования и оценка состояния орошаемых земель в Украине 25
2.5.2. Основные критерии и индикаторы мониторинга земли как природного ресурса 25
2.5.3. Мониторинг засоления почв в Узбекистане 26
Глава 3. Оценка и прогноз развития процессов засоления и осолонцевания почв 29
3.1. Методы и модели оценки состояния орошаемых земель 29
3.2. Методы и модели, необходимые для управления природными ресурсами 30
3.3. Модели и методы оценки водного и солевого режимов орошаемых земель 31
Глава 4. Рациональное использование засоленных и солонцеватых почв (на примере Украины) 35
4.1. Систематика мелиоративных мероприятий 35
4.2. Интегрированное управление водными и земельными ресурсами засоленных территорий 36
4.3. Инновационно-инвестиционное обеспечение управления и использования засоленных почв 38
4.4. Информационное и нормативно-методическое

обеспечение охраны и использования засолённых почв 41
4.5. Технологическое обеспечение охраны и использования засоленных почв 43
4.5.1 Система гидротехнических, агромелиоративных и химических мелиораций засоленных и солонцовых почв 43
4.5.2. Фитобиологические и лесомелиоративные мероприятия 50
4.6. Синергетические мелиоративные комплексы 52
Глава 5. Инновационные методы и технологии мелиорации засоленных почв и агролесомелиорация маргинальных ландшафтов 56
5.1. Применение бесконтактного метода электромелиорации для локальной мелиорации содовых солонцов-солончаков в Армении 56
5.2. Инновационные технологии мелиорации и освоения засоленных почв в Казахстане 58
5.2.1. Дифференцированная система технологий мелиорации засоленных почв для рисовых полей 58
5.2.2. Наноагроприемы повышения урожайности кукурузы на низкоплодородных и засоленных почвах 60
5.2.3. Инновационные технологии мелиорации при освоении содово-засоленных солонцовых почв под зеленые лесные насаждения 60
5.3. Система точного земледелия на засоленных и солонцовых почвах 62
5.4. Технологии биоземледелия и подходы к управлениию засоленных агроландшафтов в условиях аридного климата (на примере Центральной Азии и Закавказья) 65
5.5. Агролесомелиорация засоленных почв деградированных сельскохозяйственных ландшафтов в Узбекистане 78
Глава 6. Оценка экономической эффективности комлексных мероприятий по мелиорации засоленных почв 84
6.1. Методы оценки экономической эффективности комплексных мероприятий по мелиорации засоленных земель 84
6.2. Подходы и методы оценки эколого-экономической эффективности мелиорации засоленных почв 86
6.3. Оценка эффективности технологий лазерной планировки земель и агролесомелиорации в Узбекистане 88
Часть II. Учебные примеры, руководства и упражнения 94
Приложение А. Классификации, критерии оценки и распространение засоленных почв 94
А1. Оценки химизма засоления почв 95
А2. Диагностика солонцов и солонцеватых почв 96
А3. Критерии оценки гипсированности почв 97
А4. Критерии оценки карбонатности почв 98

A5. Распространение засоленных почв в отдельных странах Евразийского региона. Краткий обзор 99
Приложение B. Оценка пригодности воды для орошения 105
Приложение C. Методы обследования состояния земель, критерии оценки и индикаторы мониторинга засоленных и солонцовых почв 109
C.1. Методические аспекты проведения аэрофотосъемки с беспилотного летающего аппарата (БЛА) 109
C.2. Методы оценки направленности современных процессов соленакопления в почвах по данным разовых солевых съемок 111
C.3. Организация обследования и критерии оценки состояния орошаемых земель в Украине 112
C.4. Основные критерии и индикаторы мониторинга земли как природного ресурса 114
Приложение D. Инновационные методы картографирования и мониторинга засоленных и солонцовых почв 116
D.1. Инновационные методы электромагнитной индукции и дистанционного зондирования для картографирования и мониторинга засоленных и солонцовых почв (обзор) 116
Д.2. Компьютерный анализ снимков помощью различных методов классификации с обучением для картографирования засоленных почв Кюрдамирского района (Азербайджан) 123
Приложение E. Инновационные методы и технологии агролесомелиорации засоленных и солонцовых почв (на примере Прикаспийской низменности) 128
E.1. Зеленые зонты на лугово-каштановых почвах солонцовых комплексов – пример устойчивого лесоразведенияв Прикаспийской низменности 128
Приложение F. Распространение опыта по мелиорации засоленных и заболоченных земель в Кыргызской Республике 133
Авторы Руководства 138

Предисловие

Настоящее пособие подготовлено для проведения школы-семинара по инновационным методам мелиорации и использования засоленных почв, который состоится в Харькове, Украина, в сентябре 2017 года. Этот семинар проводится в рамках выполнения Плана имплементации Евразийского почвенного партнерства, которое является субрегиональным партнерством в рамках Глобального почвенного партнерства. Основными целями Глобального почвенного партнерства (ГПП) и Региональных почвенных партнерств (РПП) являются разработка глобальных и региональных планов действий для устойчивого управления и мониторинга ограниченных почвенных ресурсов в качестве ключевого элемента, в обеспечении продовольственной безопасности и экологических функций почв. РПП опираются на существующие региональные сети, связывая национальные и локальные сети, партнеров, проекты и мероприятия, чтобы гарантировать, что партнерство будет руководствоваться национальными интересами всех стран, в него входящих. РПП должно давать ориентиры для разработки региональных целей, приоритетов и необходимых механизмов реализации, а также производить регулярную оценку прогресса в достижении общих целей и задач.

Евразийский регион расположен на территории Восточной Европы, Центральной Азии и Кавказа и включает в себя Армению, Азербайджан, Белоруссию, Грузию, Казахстан, Киргизию, Молдавию, Россию, Таджикистан, Турцию, Туркменистан, Украину и Узбекистан. Евразийский регион разнообразен с точки зрения климатических условий, почв, флоры и фауны, землепользования и деятельности человека. Деградация почв является серьезным вызовом в регионе; к наиболее разрушительным её проявлениям относятся засоление, эрозия, потеря органического вещества почвы, питательных веществ и биологического разнообразия, а также переуплотнение почвы.

Засоление почв является серьезным вызовом, который требует координации между странами, имеющими общие водные и земельные ресурсы. Международное сотрудничество также необходимо для привлечения и управления инвестициями в земельные и водные ресурсы. Примечательно, что засоление является как причиной, так и следствием других проблем в сельском хозяйстве. Борьба с засолением почв должна рассматриваться в сочетании с другими мероприятиями, направленными на устойчивую интенсификацию сельского хозяйства, как одна из основ продовольственной безопасности.

В подготовку данного пособия внесли вклад авторы почти из всех стран, входящих в субрегиональное Евразийское почвенное партнерство, представители ведущих научных и научно-производственных организаций, имеющих дело с почвенным засолением. Мы надеемся, что наша работа окажется полезной в решении насущных проблем региона и послужит внедрению инновационных технологий, предотвращающих засоление почв, а также способствующих мелиорации засоленных земель.

Часть I. Управление засолением почв в Евразийском регионе

Цель тренинга

К концу программы обучения участники должны:

1. Освоить диагностику, критерии, причины, масштабы и распространение засоленных солонцовых почв
2. Уметь распознавать и оценивать воздействия, риски, вызовы и прогнозировать развитие процессов засоления и солонцеватости почв
3. Оценивать и идентифицировать методы картографирования и мониторинга засоленных и солонцовых почв
4. Уметь определять и выбирать подходящие варианты управления и мелиорации для принятия решений по смягчению и предупреждению засоления и солонцеватости почв
5. Ознакомиться с инновационными методами и технологиями устойчивого управления засоленными почвами для повышения сельскохозяйственной продуктивности и доходов фермеров

Глава 1.
Засоленные почвы Евразийского региона: диагностика, критерии и распространение

Панкова Е.И., Воробьева Л.А.(Россия), Балюк С.А.(Украина), Хасанханова Г.М. (Узбекистан), Конюшкова М.В, Ямнова И.А. (Россия)

1.1. Определения

К категории засоленных (Salt-affected soils) относят *почвы, содержащие хотя бы в одном горизонте почвенного профиля легкорастворимые соли или их ионы в количествах, превышающих порог токсичности – максимально допустимое количество солей, которое не вызывает угнетения растений* [10].

По USDA Agriculture Handbook [20] *к засоленным относят почвы, удельная электрическая проводимость фильтратов из паст которых выше 4 мСм/см (t=25˚).* Затем [4] *граница засоления почв была снижена до 2 мСм/см*, так как ряд плодовых, овощных и декоративных культур страдает от засоления и в интервале значений ЕС фильтратов из паст от 2 до 4 мСм/см.

Классификации и группировки засоленных почв, используемые в странах ЕА региона согласно Классификации и диагностике почв 1977 г. [10] и данным анализа водонасыщенных паст (USDA Agriculture Handbook. 1954) [20], даны в Таблицах 1.1-1.3 и Приложении А.

1.2. Диагностика и методы оценки засоления почв и воды

К засоленным относят почвы, если содержание солей в них превышает пороги токсичности, которые соответствуют: 1) концентрации солей в почвенном растворе - 3-5 г/л [11]; 2) сумме токсичных солей, полученных методом водных вытяжек, - 0,05-0,15% [1]; 3) удельной электропроводности фильтратов из насыщенных водой почвенных паст - 2-4 мСм/см (USDA Agriculture Handbook, 1954) [20]. При оценке пригодности почв для выращивания конкретных культур используются специальные группировки почв по засолению, разработанные с учетом солеустойчивости растений [4].

Среди засоленных почв выделяют две группы: 1) засоленные почвы без солонцового горизонта (Saline soils) и 2) с выраженным солонцовым горизонтом (Natric/Solonetzic/Sodic horizon), который для этой группы почв является диагностическим (Alkali soils). К первой группе относят солончаки и другие засоленные почвы без солонцового горизонта, ко второй – солонцы и солонцеватые почвы.

Солончаки – почвы, содержащие в поверхностном слое токсичные (легкорастворимые) соли в высоких количествах: более 0,5% при содовом химизме и более 1% при хлоридно-сульфатном засолении, что исключает рост и развитие большинства сельскохозяйственных культур [9, 10]. Поверхностный слой в случае пахотных почв – это весь пахотный горизонт (15-30 см), в случае целинных почв

– верхние 15 см. (Рисунок 1.1). На поверхности солончаков обычно выделяется солевая корка, содержание солей в которой достигает в среднем 10-20% и более.



Рисунок 1.1. Почвенные профили (на примере почв пустынной зоны Узбекистана) Источник : Атлас Узбекистана, 1985

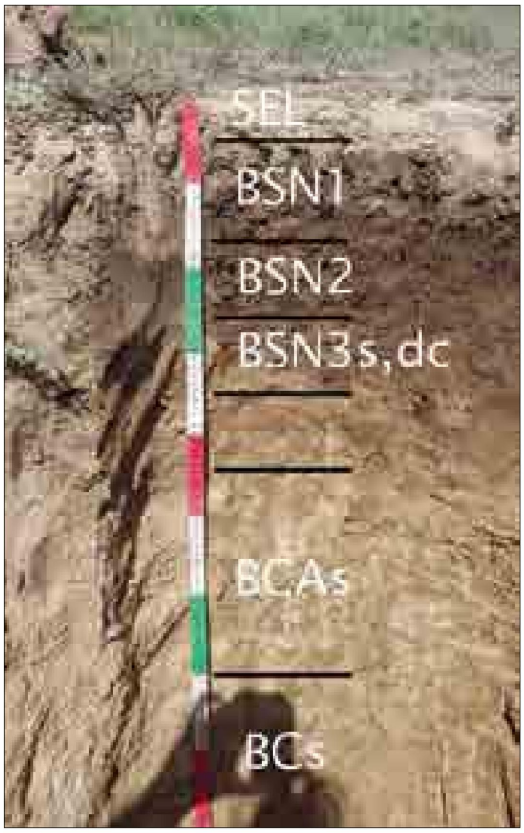
Все другие типы почв, содержащие в своем профиле соли, также относятся к категории засоленных (например, светло-каштановые глубокозасоленные). В зависимости от глубины расположения верхней границы солевого горизонта почвы относятся к поверхностно-засоленным (если граница расположена в пределах верхних 30 см), срединно-засоленным (30-100 см) или глубокозасоленным (100-200 см). На поверхности таких почв в некоторых случаях может образовываться сезонный солевой налет, что, тем не менее, не является основанием отнесения их к категории солончаков, так как средневзвешенное содержание солей в поверхностном 15-сантиметровом слое таких почв не превышает 1% (0.5% при содовом химизме).

Солонцы и солонцеватые почвы имеют глинисто-дифференцированный профиль, состоящий из надсолонцового горизонта и солонцового оглиненного горизонта (Natric/Solonetzic horizon), который обладает специфическими физико-химическими свойствами и является диагностическим (Рисунок 1.2). Критерии оценки и классификация почв по степени солонцеватости, гипсированности и карбонатности почв приведены в Приложении А.

Традиционным методом оценки засоленности почв в странах Евразийского региона является анализ состава водной вытяжки 1:5 и почвенных растворов [1]. В международной практике широко используются критерии оценки по удельной электропроводности фильтратов из паст, разработанные USDA Salinity Laboratory еще в 1950-е годы [20]. Из-за того, что приготовление пасты и экстрактов из паст является трудоемким процессом, часто измеряется электропроводность в водной суспензии (1:2.5, 1:5, 1:10) и затем проводится пересчет на основе эмпирических коэффициентов [15]:

$$EC_{SE} = (250 \bullet EC2.5) \ / \ WC_{SE} \qquad (1.1)$$

где EC_{SE} - электропроводность экстракта из почвенной пасты, EC2.5 - электропроводность в водной суспензии 1:2.5, WC_{SE} – влажность почвенной пасты, г/100 г, согласно Таблице 1.4.



SEL *– solonetzic eluvial horizon, надсолонцовый горизонт*

BSN *– solonetzic B horizon, солонцовый горизонт*

BCA *– horizon of carbonate accumulations, горизонт максимального скопления карбонатных новообразований*

BC *– transient horizon between B and C hor, переходный горизонт*

s – salic features, признаки солевых аккумуляций

dc – dispersed carbonates, дисперсные карбонаты

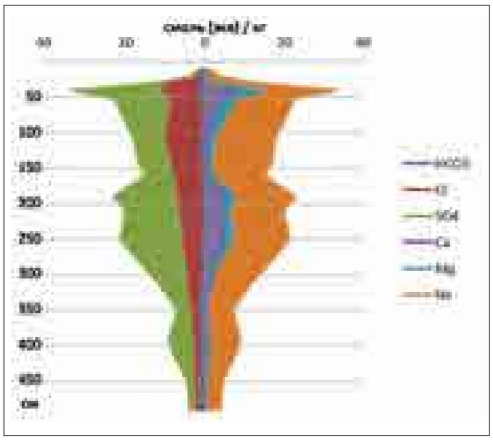


Рисунок 1.2. Морфологический и солевой профили солонца поверхностно-засоленного. Западный Казахстан, пос. Борси. 50,10808 с.ш.; 47,4963 в.д.

Таблица 1.1. Классификация почв по степени засоления в зависимости от химизма засоления (Базилевич, Панкова, 1972)

Степень засоления почв	Химизм засоления (по соотношению ионов, ммоль(экв)/100 г почвы)					
	Нейтральное засоление (pH<8,5)			Щелочное засоление (pH>8,5)		
	Хлоридный, сульфатно-хлоридный	Хлоридно-сульфатный	Сульфатный	Содовый и содово-хлоридный	Сульфатно-содовый и содово-сульфатный	Сульфатно-хлоридно-карбонатный
	HCO_3<Ca+Mg	HCO_3<Ca+Mg	HCO_3<Ca+Mg	HCO_3>Ca+Mg	HCO_3>Ca+Mg	HCO_3<Ca+Mg
Порог токсичности (незасоленные почвы)	≤ 0,1 <0,05	≤0,2 <0,1	≤0,3(1,0) <0,15	≤0,1 <0,1	≤0,15 <0,15	≤0,2 <0,15
Слабая	0,1-0,2 0,05-0,12	0,2-0,4(0,6) 0,1-0,25	0,3(1,0)-0,6(1,2) 0,15-0,3	0,1-0,2 0,1-0,15	0,15-0,25 0,15-0,25	0,2-0,4 0,15-0,3
Средняя	0,2-0,4 0,12-0,35	0,4(0,6)-0,6(0,9) 0,25-0,5	0,6(1,2)_0,8(1,5) 0,3-0,6	0,2-0,3 0,15-0,3	0,25-0,4 0,25-0,4	0,4-0,5 0,3-0,5
Сильная	0,4-0,8 0,35-0,7	0,6(0,9)-1,0(1,4) 0,5-1,0	0,8(1,5)-1,5(2,0) 0,6-1,5	0,3-0,5 0,3-0,5	0,4-0,6 0,4-0,6	Не встречается
Очень сильная	≥0,8 >0,7	≥1,0(1,4) >1,0	≥1,5(2,0) >1,5	≥0,5 >0,5	≥0,6 >0,6	„

Примечание: над чертой – общая сумма солей, под чертой – сумма токсичных солей, %; водная вытяжка 1:5. Расчеты суммы токсичных солей приведены в [1, 7].

Цифры в скобках соответствуют степени засоления по сумме солей в гипсоносных почвах, содержащих более 1% $CaSO_4 \bullet 2H_2O$.

Таблица 1.2. Группировка засоленных щелочных и нещелочных почв по данным анализа водонасыщенных паст [20]

Классы почв	EC	ESP**	pH	SAR	Основные ионы и их соотношение	Гипс*	Щелочно-земельные карбонаты*
Незасоленные, нещелочные	<4	<15	<7<	низкий		+, -	+, -
Засоленные (saline)	>4	<15	<8.5	невысокий	Cl^-, SO_4^{2-}. HCO_3^- - мало, CO_3^{2-} - нет, $Na^+ > Ca^{2+} + Mg^{2+}$	+	+
Незасоленные щелочные (	Невысокая	>15	Обычно >8.5	высокий	Na^+ , может быть в виде $NaHCO_3^{2-}$ - $NaCO_3$	Редко +	
Засоленные щелочные	>4	>15	Обычно <8.5		Подобны 2-ому классу почв, но выше доля натрия		

*Примечание: * + присутствуют, - отсутствуют * * доля (%) обменного натрия от ЕКО или суммы обменных оснований*

Таблица 1.3. Оценка засоления почв по электропроводности фильтрата из водонасыщенной пасты [20] и данным изучения гипсоносных сероземов и анализа водной вытяжки 1:5 (сумма токсичных солей и содержание натрий-иона) по Копиковой и Скулкину, 1990 [12]

Влияние засоления на урожай растений	Степень засоления	Критерии USDA (1954), ECe, мСм/см	Критерии согласно [12]		
			ECe, мСм/см	Сумма токс. солей %	Na+ смоль(экв)/кг
Влияние засоления незначительно	Незасоленные	До 2	0-3	0-0.15	0-1
Ограничивается урожай очень чувствительных к засолению культур	Слабая	2-4	3-5	0.15-0.30	1-3
Ограничивается урожай многих культур	Средняя	4-8	5-10	0.30-0.60	3-6
Удовлетворителен урожай только солеустойчивых культур	Сильная	8-16	10-16	0.60-1	6-11
Удовлетворителен урожай немногих очень солеустойчивых культур	Очень сильная	>16	>16	>1	>11

Таблица 1.4. Влажность почвенной пасты WCSE при различном гранулометрическом составе и содержании гумуса (для минеральных почв) [15]

Гранулометрический состав	Содержание гумуса					
	< 0.5%	0.5-1%	1-2%	2-4%	4-8%	8-15%
Гравий, CS	5	6	8	13	21	35
MS	8	9	11	16	24	38
FS	10	11	13	18	26	40
LS, $SL_{<10\%\ ила}$	14	15	17	22	30	45
SiL	17	18	20	25	34	49
Si	19	20	22	27	36	51
$SL_{10\text{-}20\%\ ила}$	22	23	26	31	39	55
L	25	26	29	34	42	58
$SiL_{10\text{-}27\%ила}$	28	29	32	37	46	62
SCL	32	33	36	41	50	67
CL, SiCL	44	46	48	53	63	80
SC	51	53	55	60	70	88
SiC, $C_{40\text{-}60\%\ ила}$	63	65	68	73	83	102
$HC_{<60\%ила}$	105	107	110	116	126	147

Качество воды и ее пригодность для орошения в Украине регламентируются Государственными стандартами Украины «Качество природной воды для орошения. Агрономические критерии», а также положениями, нормативами и стандартами по защите и охране природы. Критерии оценки качества поливных вод по опасности засоления, осолонцевания, ощелачивания почв и токсического воздействия на растения с учетом буферных свойств почв приведены в Приложении В [2, 3, 5, 6].

Основываясь на литературных данных и результатах длительных исследований сотрудников лаборатории плодородия орошаемых и солонцовых почв ННЦ ИПА (Балюк С.А) разработаны шесть групп почв по гранулометрическому составу, с допустимым предельным содержанием в поливной воде солей в эквивалентах хлорид-ионов. Оценка качества оросительной воды по опасности ирригационного засоления почв приведена в Таблице 1.5. Оценка качества оросительной воды по опасности ощелачивания почв дана в Таблице 1.6.

Таблица 1.5. Оценка качества оросительной воды по опасности ирригационного засоления почвы

Концентрация токсичных ионов в эквивалентах хлорид-ионов по группам почв по их гранулометрическому составу в слое 0-100 см, мэкв/дм³						Класс качества воды
Песчаный	Супесчаный	Легкосуглинистый	Среднесуглинистый	Тяжелосуглинистый	Глинистый	
меньше чем 30	меньше чем 26	меньше чем 22	меньше чем 18	меньше чем 14	меньше чем 10	I
от 30 до 40	от 26 до 36	от 22 до 32	от 18 до 28	от 14 до 24	от 10 до 20	II
больше чем 40	больше чем 36	больше чем 32	больше чем 28	Больше чем 24	Больше чем 20	III

Примечание *Расчет суммы токсичных солей в оросительной воде в эквивалентах хлорид-ионов и классификация почв по гранулометрическому составу производится по методике [5, 6].*

Таблица 1.6. Оценка качества оросительной воды по опасности ощелачивания почв

Показатель качества воды	Класс качества воды		
	I	II	III
	При орошении кислых почв		
pH	<8,2	от 8,2 до 9,0	> 9,0
Содержание CO_3^{2-}, мэкв/дм³	<0,3	от 0,3 до 0,9	>0,9
содержание токсичной щелочности HCO_3^{2-}-Ca^{2+}, мэкв/дм³	< 2,5	от 2,5 до 8,0	>8,0
	При орошении нейтральных почв		
pH	< 8,0	от 8,0 до 8,8	> 8,8
Содержание CO_3^{2-}, мэкв/дм³	отсутствует	от 0,2 до 0,6	> 0,6
содержание токсичной щелочности HCO_3^{2-}-Ca^{2+}, мэкв/дм³	< 2,0	от 2,0 до 7,0	> 7,0
	При орошении щелочных почв		
pH	< 7,5	от 7,5 до 8,5	> 8,5
содержание CO_3^{2-}, мэкв/дм³	отсутствует	от 0,1 до 0,3	> 0,3
содержание токсичной щелочности HCO_3^{2-}-Ca^{2+}, мэкв/дм³	< 1,5	от 1,5 до 6,0	> 6,0

Примечание: *1). Определение в водах показателей pH, CO_3^{2-} и HCO32- следует проводить при температуре воды от 17 °C до 20 °C и парциальном давлении CO2 в воздухе 3040 Па; 2). Методика расчета токсичной щелочности воды и градация почв по реакции среды приведены в [5].*

Предложены три класса вод: I - когда угроза ирригационного засоления отсутствует и вода может применяться без ограничений по научно обоснованным режимам орошения; II - когда существует угроза ирригационного засоления почвы в слое 0 - 100 см до слабой и средней степени и вода может применяться только вместе с определенными инженерными и агромелиоративными мероприятиями; III - когда есть опасность ирригационного засоления почвы в сильной степени и вода может применяться только при условии ее улучшения до I - II классов различными способами (Прилож. В.Часть II).

1.3. Основные причины, источники солей и воздействие засоления

Основные типы и источники солей

Существуют 2 основных типа засоления почв:

- первичное природное засоление
- вторичное засоление в результате нерациональной деятельности человека, обычно при развитии землепользования и сельского хозяйства

Первичное засоление происходит естественным образом в почвах и водах. Процессы естественного соленакопления приурочены к определенным типам рельефа, геоморфологическим и гидрогеологическим условиям. В гидрогеологическом отношении они приурочены к областям высокого уровня грунтовых вод и тяготеют к районам затрудненного стока или бессточности, когда баланс грунтовых вод регулируется испарением и транспирацией. Аридный климат способствует сохранению реликтовых солевых запасов и приводит к активному современному соленакоплению в аккумулятивных ландшафтах в гидроморфных условиях.



Вторичное засоление происходит в результате чрезмерных переполивов при орошении и промывке почв без надлежащего обеспечения дренажа, вызывающих быстрый подъем грунтовых вод. В настоящее время интенсивность вторичного засоления представляет собой значительную проблему для безопасности засушливых экосистем (ФАО SPUSH, 2001) [21] .

Основными источниками засоления почв являются соли материнских пород, минерализованные грунтовые воды, поверхностные воды и эоловое перемещение солей.

При оценке причин засоления той или иной территории следует учитывать следующие факторы:

- Наличие соленосных отложений или засоленных почвообразующих пород. Часто засоление современных почв определяют сильнозасоленные осадочные породы и особенно залежи ископаемых солей и соляные купола.
- Эоловый перенос солей с поверхности моря, а также с солончаков. Этот процесс активно проявляется не только в прибрежной зоне, но и в регионах, далеких от морей, например в Западной Сибири, Приаралье и Прибалхашье.

- Гидрогенное соленакопление в результате выклинивания подземных вод или близкого расположения грунтовых вод является мощным источником солей в почвах.
- Биогенное соленакопление, связанное с аккумуляцией растениями солей определенного состава и затем обогащением почв этими солями за счет опада.
- Особым источником солей, который действительно может привести к засолению почв, являются оросительные воды повышенной минерализации. Этот источник действует на орошаемых территориях и вызывает вторичное засоление почв.

При изучении генезиса и источников солей в почве следует обратить внимание еще на один важный момент. Соли, поступившие в почву, могут сильно изменяться. Они могут находиться в растворе, выпадать в осадок, вступать в обменные реакции. В результате этих процессов происходит трансформация солей, перераспределение по профилю, взаимодействие с твердой и жидкой фазами почв, т.е. соли участвуют в процессе почвообразования.

Причины засоления почв

Причины засоления почв многофакторны, сложны и различаются по странам Евразийского региона, но в значительной степени обусловлены чрезмерной эксплуатацией базы природных ресурсов, в частности, за счет неустойчивых и неприемлемых методов ведения сельского хозяйства, землепользования и неправильного управления водными ресурсами, усугубляемых изменением климата, экстремальными засухами и другими вызовами.

Балюк и др. отмечают, что причинами вторичного засоления в Украине также могут быть: (i) неблагоприятный химический состав оросительной воды, в которой содержание щелочных солей натрия, калия в эквивалентном соотношении превышает содержание солей кальция, магния, железа и других двух и трехвалентных катионов; (ii) подъем к поверхности грунтовых вод, с таким же неблагоприятным химическим составом и поэтому вторичное засоление может сохраняться длительное время и (iii) специальные промывки засоленных почв, а также освоение рисовых систем, построенных на естественно засоленных землях (первые годы).

Исследованиями Ковды В. А., Панковой Е.И., Айдарова И.П. и др. [11, 14] установлено, что естественной причиной реликтового и современного накопления солей в почвах и водах в Центральной Азии являются особенности климата, рельеф, геоморфология, геология горных формаций и сама история развития Туранской провинции. Различают два типа ландшафтов как основу проявления процесса засоления: i) ландшафты с естественным (реликтовым) засолением почв и ii) ландшафты, подверженные вторичному соленакоплению. Малые уклоны поверхности и отсутствие естественного оттока грунтовых вод с развитием орошения оказали влияние на миграцию растворимых солей через усиленное питание грунтовых вод, мобилизацию и вынос древних аккумуляций солей к поверхности. Главными причинами вторичного засоления в Центральной Азии являются чрезмерное орошение, высокие потери воды из каналов и полей орошения и неадекватность дренажа, вызывающие быстрый подъем уровня грунтовых вод и накопление солей в корневой зоне. Недостаточное поддержание дренажной сети усиливает мобилизацию солей из глубоких водоносных горизонтов. Bucknall и

др. [19] указывает, что более 70% солей, переносимых трансграничными реками, происходят из дренажных систем, которые сбрасывают от 10 до 25% воды из каналов обратно в реки (остальная часть отводится в пустынные понижения ("поглотители"). Вода, непригодная для сельского хозяйства и питьевых нужд с минерализацией 1.5-1.8 г / л и жесткостью 2 ПДК, продолжает поступать к водопользователям / потребителям в низовьях рек Амударьи. Основные системы землепользования в этих регионах были определены как зоны риска, где природные и антропогенные факторы перекрывают и усиливают друг друга [11, 13, 14].

Воздействия и риски засоления почв

Производительность сельскохозяйственных земель в засушливых и полузасушливых ландшафтах находится под воздействием солевой нагрузки и содержания почвенного органического вещества (SOM). Потеря SOM приводит к снижению плодородия почв и ухудшению агрофизической, биологической и другой активности почв. Процессы засоления оказывают серьезное влияние на функции почв, такие как способность действовать как буфер и фильтр для загрязнителей, участие в гидрологическом и азотном циклах и их поддержание среды обитания и биоразнообразия.

Воздействие засоления на производство сельскохозяйственной продукции тесно связано с нарушением процессов поглощении азота и ухудшением роста и развития растений. Нарушение биологической активности почв приводит к потере источников пищи для сообществ микрофлоры почвы, которые являются инженерами экосистем. Существуют значительные риски и экологический стресс для пахотных угодий, связанные с воздействием заброшенных земель (abandoned lands) на здоровье почв и состояние оружающей среды, а увеличение солевой нагрузки ухудшает услуги агроэкосистем и снижает доходы фермеров и землепользователей. Наиболее значительным эффектом засоления в засушливых сельскохозяйственных ландшафтах является потеря естественной растительности и лесов.

При близком уровне залегания грунтовых вод засоление значительно ухудшает способность почв впитывать поверхностные осадки, что вызвает значительные риски наводнений и подтопления нижележащих территориий. Это может привести к повреждению дорог, плотин, сельскохозяйственных угодий, водно-болотных угодий и разрушению сооружений и наблюдательной сети.

Соли повреждают инфраструктуру, включая дороги, здания и другие социальные объекты. При близком уровне грунтовых вод до 1-2 метров от поверхности дорог засоление вызывает значительное сокращение продолжительности функционирования дорожных покрытий. Соли также разъедают и разрушают и разрушают битумные, бетонные и кирпичные конструкции.

Засоление почв существенно ограничивает производство сельскохозяйственных культур и, следовательно, оказывает негативное воздействие на продовольственную безопасность. Потери урожайности в засушливых районах из-за засоленности почвы достигают от 18 - 26% до 43% [25], что вызывает снижение средств существования

населения и повышает его уязвимость к деградации земли и изменению климата. Ежегодные потери производительности в сельском хозяйстве оцениваются в 31 миллион долларов США, а экономические потери из-за вывода земель по причине засоления почв, ухудшения инфраструктуры и недостатка воды для промывки почв, оцениваются в 12 миллионов долларов США (ВБ, 2009).

Текущие тенденции изменения климата и увеличение частоты и интенсивности засухи представляют серьезную угрозу и риски для хрупких экосистем в засушливых и полузасушливых ландшафтах. Засуха усиливает мобилизацию и аккумуляцию солей в верхних горизонтах почв и активизирует процессы засоления почв во времени и в пространстве. Более частые атмосферные засухи, с экстремальными высокими температурами и низкой влажностью, особенно опасны в сочетании с недостатком воды для орошаемого земледелия - происходит угнетение посевов, недобор и/или гибель урожая на больших территориях, подверженных засолению почв. Например, потери урожая зерновых культур в годы суровой засухи (2000-2001) составили 14-17%, а по другим культурам - в среднем от 45- 52% до 75% (низовья Амударьи). Сады и виноградники особенно подвержены снижению урожая при засолении почв и нехватке воды. Недостаток воды оказывает комплексное влияние на продуктивность скота, проявляющееся в диапазоне от снижения питательности кормов до уменьшения весовых доходов в целом [8].

Усилия по предотвращению засоления почв должны быть направлены на изменения в области землепользования и управления, которые будут уменьшать риски засоления для хрупких сельскохозяйственных ландшафтов в конкретные промежутки времени. Очевидно, оценка относительной опасности засоления и рисков будет полезна для разработки графика мероприятий для различных ландшафтов. Она также позволит сравнить и ранжировать различные области по приоритетности.

1.4. Распространение засоленных почв в Евразийском регионе

Засоленные почвы распространены почти во всех странах Евразийского региона (Рисунок 1.3). По химическому составу солей в Евразийском регионе преобладают почвы сульфатного типа засоления (Рисунок 1.4). По расчетам на основе цифровой карты засоленных почв Евразийского региона [16], общая площадь земель, подверженных засолению, оценивается приблизительно в 242 млн. га. Сосредоточены эти земли преимущественно в Казахстане, России, Туркменистане, Узбекистане, Украине и Азербайджане. В Армении, Грузии, Кыргызской Республике и Молдове засоленные почвы встречаются весьма незначительно. Информация о засоленных и солонцовых почвах в странах Евразийского региона представлена в Приложении А, краткий обзор по отдельным странам приводится ниже.

В Республике Азербайджан (Алиев Б.Г., Сафарли С.А, 2016) около 633.8 тыс.га орошаемых земель (43.8%) в различной степени засолены, из которых 429.8 тыс.га (68%) и 139.8 тыс.га (22%) характеризуются слабой и средней степенью засоления почв, и около 66.2 тыс.га (0.4%) - сильнозасоленные почвы. Наиболее подвержены засолению почвы Кура-Араксинской низменности.

Засоленные почвы Грузии (Санадзе Э, 2016) подразделяются на две большие группы: солончаки и солонцы, общей площадью 112.6 тыс.га (1.6% от общей площади). Они распространены преимущественно в сухой субтропической зоне на равнинах, особенно в Алазани, Эльдари и других областях.

В Республике Молдова (Ропот Б.М., Розлога Ю.Г. и др., 2010) основные ареалы распространения засоленных почв приурочены к поймам внутренних и приграничных рек. В настоящее время из 250 тысяч га пойменных земель освоены около 180 тысяч га. В результате зарегулирования речного стока в пойменных ландшафтах установился устойчивый режим остепнения, который на первых стадиях способствует усилению процессов испарительного галогенеза в системе почва - грунтовая вода, а впоследствии - интенсифицирует процесс осолонцевания почв. Анализ гидрогеологических наблюдений показывает, что около половины площадей освоенных аллювиальных почв республики находятся в неудовлетворительном мелиоративном состоянии. Они подвержены процессам засоления, осолонцевания, заболачивания и слитизации.

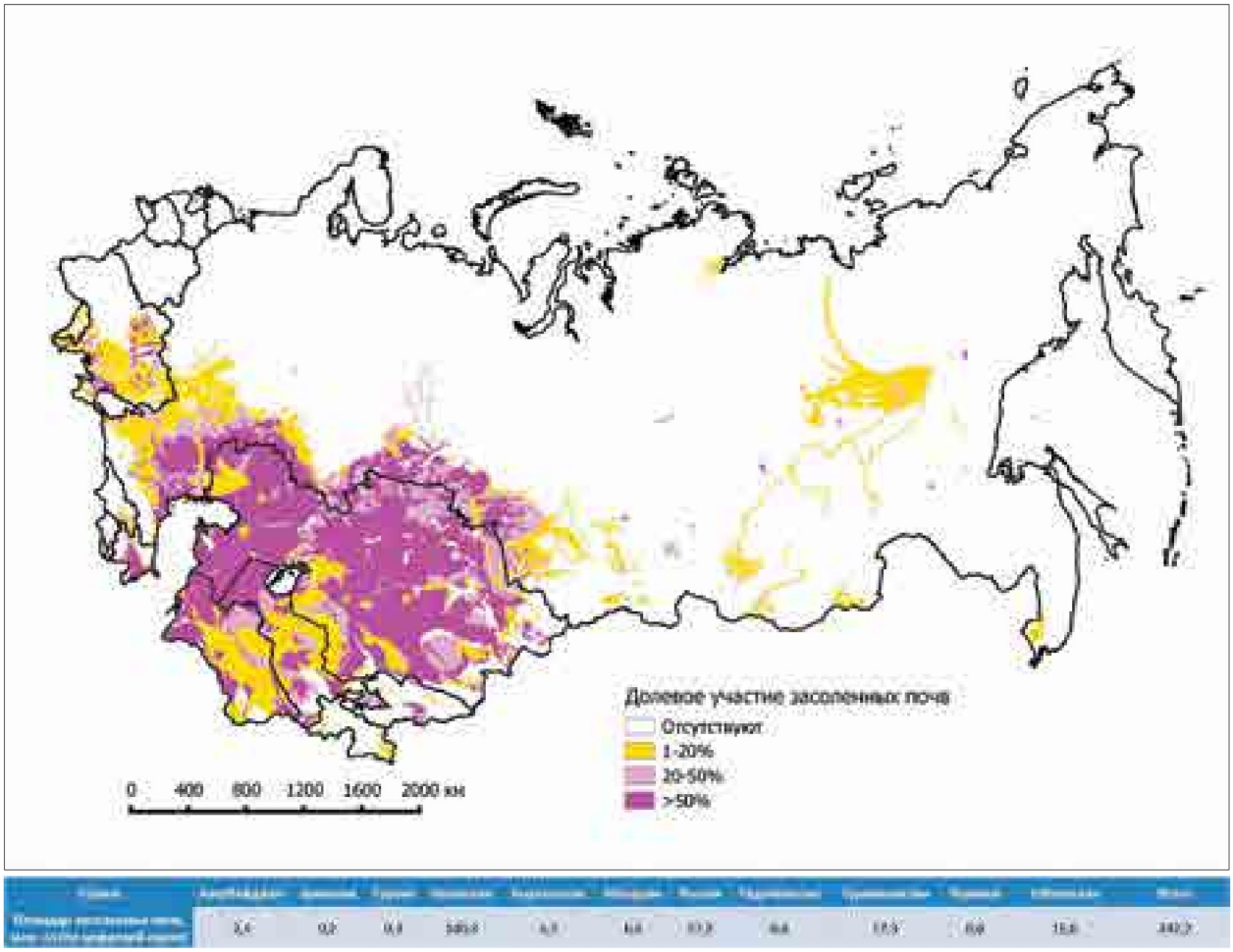


Рисунок 1.3. Распространение засоленных почв в Евразийском регионе [16]

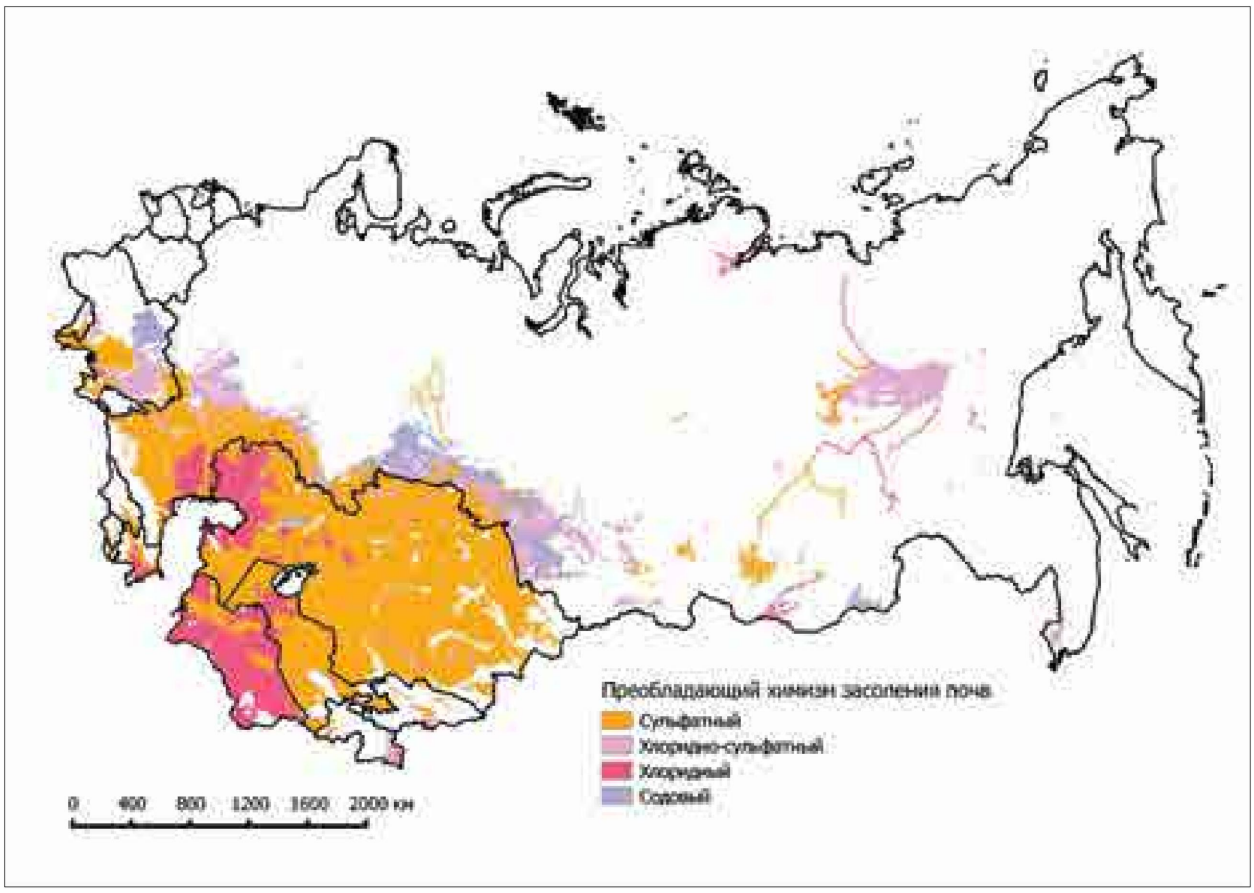


Рисунок 1.4. Преобладающий химизм засоленных почв в Евразийском регионе [17]

В Российской Федерации [7] около 21% общей площади сельскохозяйственных земель относятся к категории засоленных, из них 16.3 млн га (около 9%) составляют засоленные (несолонцовые) почвы и более 23 млн.га (12.5%) приходится на засоленные почвы солонцовых комплексов. Наиболее широко распространены засоленные почвы на юге России в пределах полупустынной, сухостепной, степной и лесостепной зон.

В некоторых регионах, например, на территории Астраханской области, Республики Калмыкия, Республики Дагестан, Новосибирской области и др., засоленные и солонцовые почвы занимают до 30% и более от площади пахотных земель. На юге Западной Сибири преимущественно господствуют почвы содового засоления; в юго-восточной части Сибири засоленные почвы распространены локально, в основном в замкнутых котловинах и долинах рек. Особенно это касается орошаемых земель, которые приурочены к южным территориям, где обычно широко развиты засоленные почвы или существует угроза вторичного засоления.

Засоленные почвы Украины (Балюк С.А., Дрозд Е.Н.) занимают относительно небольшую долю в площади пашни (около 7 %), но требуют особого внимания при ведении земледелия по ряду причин [22]. Природно засоленные почвы Украины приурочены к двум тектоническим впадинам – Днепровско-Донецкой (зона Лесостепи) и Причерноморской (Степь), где общее недостаточное дренирование территории вызывает аккумуляцию солей в корнеобитаемой зоне и развитие вторичного засоления. По данным гидрогеолого-мелиоративного мониторинга площадь орошаемых земель составляла 2,18 млн.га, но фактические площади орошения в последние годы не превышают 600-700 тыс.га (25-30% орошаемых земель).

Площадь засоленных земель без морфологически обозначенного солонцового горизонта составляет 1,92 млн. га, с морфологически выраженным солонцовым горизонтом (засоленные - солонцовые) – 2,8 млн.га. Среди орошаемых земель в разные годы насчитывается от 50-100 до 200 тыс. га вторично засоленных почв.

Это подтверждают также данные глобальной базы GLADIS (ФАО LADA, 2005), которые указывают, что в засушливых районах региона большинство типов почв, подвержены засолению и деградации по причине низкого растительного и почвенного покрова, уязвимости регионов к засолению, водной эрозии, изменению климата и засухе. В настоящее время до 40-60% орошаемых угодий в Центральной Азии занимают почвы, подверженные засолению и/или заболачиванию [23]. Всемирный банк (2005) также подчеркивает, что свыше 69.4% сельскохозяйственных земель в Центральной Азии подвержены засолению почв [8, 13, 24].

Таким образом, проблема использования и мелиорации засоленных почв для всех стран Евроазийского региона стоит очень остро и требует принятия решений по разработке совместных планов действий по интегрированному управлению, сохранению и эффективному использованию природных ресурсов с акцентом на устойчивое управление засоленных почв и воды. Решающее значение для достижения ожидаемых результатов представляет укрепление институционального потенциала и мобилизация ресурсов в поддержку расширения и масштабирования инновационных подходов и технологий по устойчивому управлению земельными ресурсами и реализации национальных и субрегиональных программ по улучшению и мелиорации засоленных почв, с внедрением комплекса технических, институциональных, гидромелиоративных, агромелиоративных и агротехнических мер и действий.

Список литературы к Главе 1

1	Базилевич Н.И., Панкова Е.И. Опыт классификации почв по содержанию токсичных солей и ионов // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1972. Вып. 5. С. 36-40.
2	Безднина С.Я Научные основы оценки качества воды для орошения. Рязань: Изд-во РГАТУ, 2013. 171 с.
3	Безднина С.Я. Требования к качеству воды для орошения. М., 1990. 95 с.
4	Бреслер Э., Макнил Б.Л., Картер Д.Л. Солончаки и солонцы. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 286 с.
5	ВНД 33-5.5-02-097 «Качество воды для орошения. Экологические критерии»
6	ДСТУ 2730-2015 «Качество природной воды для орошения. Агрономические критерии»
7	Засоленные почвы России. 2006. Москва. 854 с.
8	Засуха. Оценка управления и смягчения эффектов для стран Центральной Азии и Кавказа. 2005. *Отчет №31998-ECA, Всемирный банк.*
9	Классификация и диагностика почв России. 2004. Смоленск. 342 с.
10	Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 224 с.
11	Ковда, В.А. 1968. Почвы аридной зоны. *Почвы аридной зоны как объект орошения:* 5-30. Москва.

12	Копикова Л.П., Скулкин В.С. Оценка засоления почв по сопряженным данным водных вытяжек и экстрактов из водонасыщенных паст // Условия формирования и свойства трудномелиорируемых почв Джизакской степи: Науч. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М., 1990. С. 74-81.
13	Национальная Рамочная Программа Республики Узбекистан. 2006, 2009. Ташкент.148 сс.
14	Панкова Е.И., Айдаров И.П., Ямнова И.А., Новикова А.Ф., Благоволин Н.С. Природное и антропогенное засоление почв бассейна Аральского моря. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1996. 187 с.
15	Руководство по описанию почв. Рим: Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций, 2012. 101 с.
16	Хитров Н.Б., Калинина Н.В., Крылова Е.С., Рухович Д.И., Вильчевская Е.В. Степень засоления почвы // Афонин А.Н.; Грин С.Л.; Дзюбенко Н.И.; Фролов А.Н. (ред.) Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения [DVD-версия]. 2008. www.agroatlas.ru/map/Salt_degree.zip
17	Хитров Н.Б., Калинина Н.В., Крылова Е.С., Рухович Д.И., Вильчевская Е.В. Химизм засоления почв // Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения [DVD-версия]. 2008. *http://www.agroatlas.ru/en/content/Soil_maps/index.html* (maps of Chloride and sulfate soil salinization, Chloride soil salinization , Soda soil salinization, and Sulfate soil salinization)
18	Хімічна меліорація грунтів (концепція інноваційного розвитку). 2012. Харків. 130 с.
19	Bucknall J., Klytchnikova I., Lampietti J., Lundell M., Scatasta M., Thurman M. Irrigation in Central Asia: social, economic and environmental considerations. 2003. Washington, DC. *http://siteresources.worldbank.org*/ECAEXT/Resources/publications/Irrigation-in-Central-Asia/Irrigation_in_Central_Asia-Full_Document-English.pdf
20	Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils: USDA Agriculture handbook. 1954. No. 60. 160 p.
21	FAO SPUSH (2000) Extent and causes of salt-affected soils in participating countries. Global Network on Integrated Soil Management for Sustainable Use of Salt-Affected Soils. *FAO-AGL website*
22	Qadir, M., Noble, A. D., Qureshi, A.S., Gupta, R., Yuldashev, T., Karimov, A. Salt-induced land and water degradation in the Aral Sea basin: A challenge to sustainable agriculture in Central Asia. Natural Resources Forum. 2009. Vol. 33. P. 134-149.
23	UNDP (2007) Water - Critical Resource for Uzbekistan Future, Tashkent, Uzbekistan, 121.
24	Wichelns D. The World Bank Report: Economic Evaluation of Agricultural Water Resources in Uzbekistan. University of Rhode Island, Kingston, Rhode Island. 1994. 35 p.

Глава 2.
Методы обследования, картографирования и мониторинга засоленных и солонцовых почв

В данном разделе Руководства представлены основные методы обследования и оценки направленности соленакопления, картирования и мониторинга засоленных почв, широко используемые в Евразийском регионе и в международной практике. Методологические аспекты оценки, картографирования и мониторинга засоленных и солонцовых почв представлены в Приложении С; краткий обзор подходов и методов оценки и мониторинга приведен ниже.

2.1. Методы обследования и картографирования засоленных и солонцовых почв: наземные и дистанционные методы, аэрофотосъемка, ГИС - картографирование

Балюк С.А., Соловей В.Б., Солоха М.А., Трускавецкий С.Р. (Украина)

Солонцеватые и засоленные почвы – один из самых сложных объектов при обследовании и картографировании почвенного покрова. Различный уровень и минерализация грунтовых вод, влияние микрорельефа – все это находит отражение в особенностях распространения галогенных почв. При этом пространственная неоднородность солонцевато-засоленных почв сопровождается контрастными различиями в тональности изображения как открытой поверхности (различное содержание гумуса, наличие присыпки SiO_2, возможных солевых выцветов), так и покрытой растительностью (депрессирующее влияние солонцеватости и засоления, сенсорность сельскохозяйственных и природных растений к увлажненности через различный уровень грунтовых вод). Это позволяет широко применять дистанционные методы зондирования земной поверхности в сочетании с традиционной методикой наземного обследования для картографирования засоленных и солонцовых почв [6, 8].

Современным и высокоэффективным методом картографирования засоленных и солонцовых почв является метод цифровой обработки и классификации данных многоспектрального космического сканирования (МКС).

Обследование солонцеватых и солонцовых почв состоит из трех этапов – подготовительного, полевого и камерального.

Подготовительный этап включает следующие работы:

- сбор и систематизация информации о природных условиях, существующих картографических материалов и аналитических данных;
- разработка предварительного номенклатурного списка почв, исходя из предполагаемой структуры почвенного покрова;
- разработка предварительной карты-версии почвенного покрова по данным дистанционного зондирования, с использованием космических снимков высокого разрешения, либо данным аэрофотосъемки, особенно с применением беспилотного летающего аппарата (БЛА) и др.

Особенности аэрофотосъемки с беспилотного летающего аппарата (БЛА).
Порядок получения оперативной информации о состоянии почв на участке исследования с помощью БЛА включает следующие операции и процедуры:

- проведение аэрофотосъемки с помощью БЛА (подготовка к взлёту аппарата и камеры, учёт ветра и положение солнца, облачности, влияния лесополос и антропогенных объектов на конечный результат съёмки); проведение аэрофотосъемки в период с 9.00 до 16.00;
- высота пролета БЛА над тестовыми полями колеблется в пределах от 80 до 100 м. Маршрут выглядит как несколько серий спиралей сначала снизу вверх, затем сверху вниз над тестовым(и) полям(и);
- обработка полученных результатов – фотоснимков в зависимости от целей исследования: предподготовка полученных снимков для анализа или подготовка ортофотоплана для решения вопросов точного земледелия;
- предподготовка полученных снимков сводится к выравниванию снимков по уровням яркости, контрастности и ориентации самого снимка для лучшего восприятия и анализа;
- подготовка ортофотоплана сводится к объединению («сшивке») полученных аэрофотоснимков.

Особенности создания карты-версии на основе космических снимков.

К наиболее известным прямым дешифровочным признакам засоленных и солонцовых почв для аридных условий территории Сухой степи следует отнести сравнительно светлый тон изображения в большинстве спектральных диапазонов, а также сложноконтурный рисунок изображения. Надежным косвенным способом картографирования является фитоиндикация засоленных почв по данным многоспектрального космического сканирования (МКС) с использованием космических данных высокого и сверхвысокого пространственного разрешения (например Spot, Landsat, Terra, Pleiades) [8].

Картографирование засоленных и солонцовых почв по данным МКС проводится по общепринятому алгоритму, включающему несколько этапов. На этапе первичной обработки изображения последовательно проводится систематическая, радиометрическая, атмосферная и геометрическая коррекция изображения, его радиометрическая калибровка, повышение контраста и пространственная фильтрация. На этапе общего статистического анализа изображения определяется оптимальное количество классов для последующего этапа - классификации изображения. Результатом цифровой обработки и классификации является гипотетическая карта, отражающая взаимное расположение ареалов, значимо отличающихся по оптическим характеристикам земной поверхности и привязанных в системе географических координат.

Полевой (наземный) этап обследования.

Полевой этап обследования проводится путем дешифрирования наземным способом карты-версии, полученной на основе методов дистанционного зондирования земной поверхности на основе космической либо аэрофотосъемки. Включает рекогносцировочное обследование для установления почвенно-ландшафтных связей и уточнения номенклатурного списка почв.

Собственно полевой этап проводится путем заложения почвенных шурфов согласно контуров карты-версии почвенного покрова. Первичное почвенное диагностирование почв солонцовых и солончаковых комплексов производится по морфологическому строению профиля [16, 17] с последующим уточнением генетического статуса почв по результатам анализа [4].

Камеральный этап.

В камеральный период анализируют отобранные пробы солонцовых и засоленных почв, особое внимание уделяется определению содержания гумуса, гранулометрического состава, емкости поглощения и количества поглощенного натрия, катионно-анионного состава водной вытяжки. По результатам анализа уточняются названия почв, составляется окончательный номенклатурный список почв и создается почвенная карта с легендой к ней как основа последующих рекомендаций по мелиорации солонцовых и засоленных почв.

2.2. Методы оценки современных процессов соленакопления в почвах по данным разовых солевых съемок

Балюк С.А. (Украина), Айдаров И.П. (Россия)

Основным методом оценки направленности современных процессов соленакопления в почвах является почвенная солевая съемка как источник получения оперативной и долговременной информации о показателях засоления и солонцеватости почв. С помощью почвенно-солевых съемок осуществляют пространственную оценку характера и степени проявлений процессов засоления и осолонцевания на орошаемых, выведенных из орошения и прилегающих к ним землях [5, 7].

При проведении почвенно-солевых съемок определяют:

а) химизм (тип) засоления по составу анионов и катионов;

б) степень засоления почв (на основании определения в водной вытяжке из почв и пород общего содержания солей или содержания токсичных солей в зависимости от типа засоления);

в) глубину залегания первого солевого горизонта;

г) средневзвешенное содержание и запасы солей;

д) гидрохимический тип (по анионному и катионному составу) и минерализацию грунтовых вод (пресная - до 1 г / дм^3; слабоминерализованная - 1-3; среднесолоноватая - 3-5; сильносолоноватая - 5-10; соленая - 10-35; рассол - более 35 г / дм^3 [7]);

е) пригодность поливных вод для орошения по опасности засоления почвы [7] и др.

Полученную информацию используют для создания баз данных и карт засоления почв.

Для разработки стратегии регулирования водного и солевого режимов орошаемых земель очень важно знать маштабы и направленность природных процессов соленакопления в различных гидрогеологических и гидрохимических условиях до развития орошения [1]. Использование расчетных методов [1, 3] позволяет оценить

содержание и распределение солей в почве на определенный момент времени. Изменение хотя бы одного из факторов влечет за собой изменение солевого режима.

При нестабильном водном режиме и других природных факторах оценку направленности процессов соленакопления можно выполнить с использованием массовых данных разовых солевых съемок.

Процедура оценки состоит в статистической обработке данных и установлении законов распределения случайных величин содержания токсичных солей (или отдельных ионов) в расчетном двухметровом слое почв, исключающем влияние сезонных изменений содержания солей. Для практических расчетов можно использовать более простой метод обработки массовых данных [2]. Этот метод широко используется в гидрологии и мелиорации.

Пример статистических расчетов для практических занятий представлен в **Приложении С.2.**

2.3. Организация и проведение мониторинга почв с учетом европейского опыта

Медведев В.В. (Украина)

Мониторинг почвенного покрова проводится в Европе на протяжении более 25 лет, начиная с 1990-х годов. Сегодня в европейских странах сформировалась атмосфера содействия мониторингу и считается, что без высококачественной информационной системы о почвенном покрове создать комфортные условия жизни и чистую окружающую среду невозможно (Рамка 2.1). По результатам мониторинга Европейский Союз принял ряд почвоохранных хартий, рекомендаций, директив. Среди последних - о допустимых концентрациях тяжелых металлов, контроль за выбросами предприятий, о применении стоков и отходов производства на сельскохозяйственных угодьях и др. В 2006 году ЕС утвердил тематическую стратегию охраны почв и рекомендовал имплементировать ее в национальную политику всем странам - членам ЕС [12].

Рамка 2.1.
Мониторинг почвенного покрова по [11]

Согласно европейской концепции, мониторинг - это пространственно-временная система наблюдений за свойствами почв на постоянных площадках с использованием широкой программы индикаторов, с целью создания информационно-аналитических баз данных, районирования и выделения проблемных территорий, прогноза развития почв, планирования почвоохранных мероприятий, объективизации процесса предоставления субсидий фермерам, активизации работы со СМИ и в других целях. Организационные принципы построения мониторинга: независимость от влияния ведомств; простая 2-звенная структура (региональная лаборатория - центральный информационно-аналитический центр), согласованная и утвержденная нормативная оцениваемая база; координация с наблюдениями за другими компонентами окружающей среды; финансирование из государственного бюджета; систематическое информирование о результатах структур управления и общественности.

Существуют насущные потребности и необходимость оказать содействие в совершенствовании и модернизации системы мониторинга почвенного покрова в странах Евразийского региона, основываясь на новейших программных, математических и картографических инструментах, гармонизованных с европейским опытом.

Виды мониторинга. В странах, участвующих в семинаре, желательно создать постоянно действующую систему, состоящую из фонового, производственного и научного видов.

Фоновый (эталонный) - исходная оценка объекта наблюдений, которая условно принимается за нулевую отметку. Фоновый мониторинг обеспечивает данными о свойствах почв в естественном состоянии и при сопоставлении с данными на пашне дает возможность определить направление и интенсивность антропогенной трансформации почв. При отсутствии природного объекта мониторинга в качестве фонового используют данные первого тура наблюдений.

Производственный - основной вид текущих наблюдений за почвой в пространстве и во времени.

Научный - информация повышенной точности и емкости, с помощью которой можно качественно обогатить производственный мониторинг и, главное, создать существенно более надежные прогностические модели. Этот мониторинг представлен специальными полевыми опытами, балансовыми и лизиметрическими станциями, имитационными и математическими моделями.

Производственный и фоновый мониторинг должны вести специальные производственные подразделения, научный - научные учреждения.

Объекты мониторинга – выделенные в натуре, постоянные во времени и пространстве, геопозиционированные и зарегистрированные (должны иметь определенный государственный статус) земельные участки определенного размера. Их количество должно быть таким, чтобы охватить все многообразие почвенных, ландшафтных, климатических, геоморфологических, гидрологических, литологических и хозяйственных условий, а также обеспечить возможности разномасштабного картографирования состояния земель по индивидуальным и комплексным показателям.

Схемы формирования сетей наблюдений. В практике европейских стран используется два способа формирования наблюдательной сети мониторинга почв - регулярный и нерегулярный. Первый из них находит применение в Австрии (сеть из нескольких тысяч постоянных площадок с расстоянием между ними в 11, а в некоторых регионах 4 и даже 1 км), Румынии (960 площадок в узлах сети 16х16 км), Франции (2100 площадок в узлах сети 16х16 км), Швеции (24000 площадок в узлах сети с разными параметрами в зависимости от рельефа). Второй способ используется в Норвегии и Великобритании (по 13 площадок), Италии (27 площадок), Германии (приблизительно 800 площадок), Чехии (257 площадок). Второй способ допускает репрезентативное (пропорциональное) отражение в оценках состояния почв структуры почвенного покрова, топографических, климатических и хозяйственных особенностей территории.

Сравнительных исследований преимуществ и недостатков обоих способов не проводили, но согласно стандарту ЕС (ISO 16133:2004(E), выбор способа формирования сети мониторинговых площадок предлагается осуществить каждой стране самостоятельно, исходя из собственного опыта ведения мониторинговых работ.
Методы мониторинга. Наиболее популярные ндикаторы (используются почти во всех странах) - тяжелые металлы, нитраты, pH, общий углерод, гранулометрический состав, емкость катионного обмена. Менее популярные - плотность сложения, агрегатный состав, пористость, электрическая проводимость, химический состав почвенных растворов. Наименее используются - фракционный состав органического углерода, микробиологические показатели, дыхание, почвенные энзимы.

Развитие мониторинговых работ оказывало содействие усовершенствованию приборной измерительной базы. Много фирм по производству полевого и камерального инструментария начали активную деятельность. Наиболее известные из них - голландская «Eijkelkamp», английская «ADC», француская «Lambrinus», немецкая «Trum», которые в последние годы достигли значительных успехов в конструировании, производстве и распространении приборов для изучения почв, растений, вод, растворов, процессов преобразования, обмена, потерь вещества и энергии, разных эмиссий, в частности в автоматическом и дискретном режимах [12].

2.4. Мониторинг засоления почв с использованием дистанционного зондирования (на примере орошаемых территорий Центральной Азии)

Панкова Е.И., Соловьев Д.А., Рухович Д.И., Савин И.Ю. (Россия)

На основе многолетних исследований в Узбекистане сотрудниками Почвенного института им. В.В. Докучаева были определены основные требования к организации дистанционного мониторинга засоления орошаемых почв. Несмотря на то, что эти материалы были получены в основном в 1990-е годы, они не потеряли своей актуальности и положены в основу данного документа. Проблема создания мониторинга орошаемых земель является одной из главных проблем экологической и аграрной науки.

Рамка 2.2. ***Что обозначает термин «экологический мониторинг?***

Понятие "экологический мониторинг" однозначно трактуется как постоянный учет, контроль и прогноз развития природной среды (в том числе, почв и их свойств) на основе современных оперативных методов исследования, среди которых главное место занимают дистанционные (аэрокосмические) методы, подтвержденные наземными исследованиями [15]. Основные задачи и понятия экологического мониторинга были сформулированы в программе ЮНЕСКО "Человек и биосфера" и ряде других публикаций.

Общая концепция мониторинга
Подходы к оценке динамики засоления почв основаны на дистанционной оценке состояния культур хлопчатника и анализе пространственной картины размеров и количества пятен с выпадами хлопчатника по данным позднелетней-раннеосенней съемки. В работах [9, 19, 20] было показано, что, во-первых, основным фактором,

влияющим на выпады хлопчатника, является засоленность почв в верхнем метре и, во-вторых, чем крупнее и чаще пятна выпадов, тем сильнее засоление. Таким образом, само наличие пятна выпада на поле не является достаточным признаком сильного засоления почвы в этом месте, важны также и размеры и количество таких пятен. При мелкопятнистом рисунке изображения, когда пятна выпадов мелкие (менее 20 м в диаметре) и редкие (<20% от площади контура), то почвы под выпадами являются среднезасоленными, а вокруг выпадов - незасоленными/слабозасоленными. При крупнопятнистом рисунке изображения, когда пятна крупные (более 50-100 м в диаметре) и частые (>50% от площади контура), то почвы под выпадами будут сильно и очень сильно засоленными, а почвы рядом с выпадами (хотя состояние культур в них относительно удовлетворительное) будут засолены в средней и сильной степени (Таблица 2.1). Опыт показал, что анализ изображения снимков только за два цикла обследования не позволяет достоверно судить о направленности солевой динамики. Необходима организация постоянных ежегодных дистанционных наблюдений за изменением засоления почв, а также внедрение методики составления карт, отражающих многолетнюю динамику засоления [15].

Таблица 2.1. Вероятность (% от общего числа выработок) степени засоления почв в картографируемом контуре [15].

Рисунок изображения*	Компонент*	Степень засоления почв				Засоление почв компонента
		Отсутствует или слабое	Среднее	Сильное	Очень сильное	
Однородный темный	Темный	93	7	-	-	Незасоленные, редко среднезасоленные
Мелкопятнистый	Темный	83	17	-	-	Преимущественно слабозасоленные, редко среднезасоленные
	Светлый	33	67	-	-	Среднезасоленные и слабозасоленные
Среднепятнистый	Темный		86	14	-	Преимущественно среднезасоленные, редко сильнозасоленные
	Светлый		7	66	27	Сильно и очень сильно засоленные, редко среднезасоленные
Крупнопятнистый	Темный		67	33	-	Средне- и сильнозасоленные
	Светлый			50	50	Сильно и очень сильно засоленные
Однородный светлый	Светлый			17	83	Очень сильно засоленные, редко сильнозасоленные

** Светлый – соответствует выпаду хлопчатника; темный – хлопчатник в хорошем состоянии.*

Система мониторинга может быть разделена на несколько уровней. На *глобальном уровне* проводится оценка и контроль за мелиоративной ситуацией Центральной Азии или государств региона в целом. Большинство орошаемых массивов региона расположено в бассейнах двух рек: Амударьи и Сырдарьи. За последние десятилетия водный режим этих рек, минерализация и состав их вод сильно изменились. Методы и технические приемы мелиорации, разработанные в середине прошлого века, в настоящее время теряют свою эффективность. Очевидно, что эти факторы негативно влияют на весь регион и требуют повсеместного учета мелиоративного состояния земель и разработки новой мелиоративной политики для государств Центральной Азии в целом.

На ***региональном уровне*** мониторинга оценка проводится с учетом мелиоративных особенностей районов, и ирригационных систем, отличающихся по литологическим, геоморфологическим характеристикам, состоянию ирригационной сети, условиям дренажа и др. Существенными являются и демографические особенности региона.

На ***локальном уровне*** проводится мониторинг состояния отдельных хозяйств, полей или группы полей. Основной причиной изменения мелиоративного состояния этих объектов является человеческий фактор, при этом изменения мелиоративной обстановки и трансформации ландшафтов наиболее динамичны. Очевидно, что динамика мелиоративного состояния на региональном уровне идет медленнее, чем на отдельных полях. Это определяет и методические приемы, используемые при оценке засоления. Локальный мониторинг предполагает ежегодную оценку мелиоративного состояния, оперативное принятие решений при резком негативном развитии процессов.

При мониторинге более высоких уровней частота наблюдений может быть реже, однако требуется более тщательное изучение факторов и механизмов, их обуславливающих. Эта работа должна опираться на современные научные и технические достижения, в том числе на материалы космической съемки и новые технологии работы с ними. Система мониторинга может быть создана при поддержке и финансировании государства и международных сообществ.

Научно-методические основы организации мониторинга

Мониторинг как новое научное направление в изучении природной среды стал развиваться с начала 1970-х годов прошлого столетия, что обусловлено двумя причинами: 1) ухудшением экологической обстановки и 2) техническим прогрессом, способным обеспечить получение новых средств оперативного контроля за состоянием природной среды.

Согласно [15], цель мониторинга заключается в эффективном управлении состоянием окружающей среды в условиях динамично развивающихся обществ. Основные задачи его: слежение, контроль и прогноз состояния окружающей среды.

Критерием выбора объекта наблюдений должна быть высокая чувствительность его к любым изменениям природной среды. Для наблюдения желательно использовать стандартные методы: обязательна статистическая оценка точности получаемых наблюдений. Особое внимание при организации мониторинга рекомендуется уделять синхронности и сопоставимости проводимых наблюдений, а также разработке программного (математического), и технического обеспечения мониторинга [10].

Исследования, проводимые в рамках экологического мониторинга, должны в качестве логического завершения обеспечить получение сведений, необходимых для составления прогнозов и разработки рекомендаций по регулированию природных и антропогенных процессов. Общая схема дистанционного мониторинга засоления орошаемых почв приведена на Рисунке 2.1.

Рисунок 2.1. Общая схема дистанционного мониторинга засоления орошаемых почв [15]



Организацию дистанционного мониторинга засоления почв можно разделить на три основных этапа:

1) Инвентаризация засоленных почв на основе материалов дистанционного зондирования, получение объективной информации о засолении орошаемых почв на момент исследования.
2) Изучение сезонной и многолетней динамики засоления почв и скорости процессов засоления-рассоления.
3) Вскрытие причин, определяющих солевую динамику и составление прогноза развития засоления-рассоления почв и разработка рекомендаций по управлению этими процессами.

Наши исследования показали, что первая из перечисленных задач практически решена и может реализоваться на конкретных объектах орошения Центральной Азии. Вторая задача решена принципиально, находится на стадии разработки технологии и может быть реализована в ближайшее время. Третья задача, наиболее сложная, требует привлечения мелиораторов, гидрогеологов, математиков и других специалистов и находится пока на стадии постановки проблемы.

Предполагается, что вся информация, которая может быть использована в дальнейшем, вводится и хранится в базе данных и затем используется для оценки, планирования и принятия решений на соответствующих этапах работы. Основные подходы и особенности организации мониторинга засоления почв, включая этапы создания, выбор оптимальных сроков съемки, наземные обследования и другие важные аспекты детально изложены в работе [15].

2.5. Опыт стран Евразийского региона в проведении мониторинга

2.5.1. Организация обследования и оценка состояния орошаемых земель в Украине

Балюк С.А., Носоненко А.А., Захарова М.А. (Украина)

В Украине субъектами мониторинга являются гидрогеолого-мелиоративные партии и экспедиции Государственного агентства по водным ресурсам Украины. Основой проведения мониторинга засоленных и солонцовых, а также орошаемых почв являются методики их обследования и оценки состояния. При этом очень важно, чтобы все показатели (гидрогеологические, почвенные, качество оросительных вод и урожай сельскохозяйственных культур) определялись одновременно на типовых («ключевых») площадках, которые надо выбирать и фиксировать так, чтобы можно было сравнить по эколого-агромелиоративным показателям орошаемые земли с выведенными из орошения и неорошаемыми.

Только определение показателей в единой взаимосвязанной системе «оросительные и грунтовые воды - почва - растение» может дать наиболее точное, полное представление о влиянии грунтовых (в гидроморфных и полугидроморфных условиях залегания) и оросительных вод на почвенные процессы и свойства почвы, а также на рост, развитие культур и качество продукции. Такая методика была разработана и апробирована лабораторией плодородия орошаемых и солонцовых почв ННЦ ИПА [13].

Назначение методики - пространственная оценка характера и степени проявления процессов деградации орошаемых, выведенных из орошения и прилегающих к ним почв, влияния этих процессов на элементы плодородия почв (агрофизические, агрохимические, физико-химические, токсикологические показатели), уровни урожаев и качество продукции. Это обследование должно предшествовать организации эколого-агромелиоративного мониторинга земель крупных орошаемых массивов, что поможет более обоснованно выбрать стационарные пункты (площадки, точки) наблюдений, точно выделить контуры земель с различным эколого-агромелиоративным состоянием.

Вопросы организации работ, основные критерии и индикаторы оценки эколого-агромелиоративного обследования и мониторинга орошаемых земель Украины представлены в **Приложении С.3**.

2.5.2. Основные критерии и индикаторы мониторинга земли как природного ресурса

Айдаров И.П. (Россия)

Мониторинг должен распространяться на все орошаемые и неорошаемые земли речных бассейнов, независимо от их правового режима и хозяйственного использования, включая земли сельскохозяйственного назначения, водные объекты, объекты природоохранного назначения и др.

Объектами мониторинга являются: совокупность природных экосистем, все виды природных ресурсов, а также все виды мелиорации (гидротехнические, агротехнические, агрохимические, агролесотехнические, химические и др.).

Состав и детальность мониторинга должны включать количественную оценку процессов, показателей и параметров, которые используются в существующих моделях и методах обоснования комплексных мелиораций. Полученные данные используются также для разработки новых более совершенных методов количественного описания динамики природных процессов. Существующие модели и методы обоснования комплексных мелиораций приведены ниже в Главе 3.

Мониторинг земель как природного объекта должен включать оценку состояния и функционирования природных экосистем в условиях орошения. Необходимость такого мониторинга обусловлена тесной связью экологии и экономики: экология изучает сложные взаимодействия между живой и неживой природой, а экономика – управление этими взаимодействиями [2, 3]. Последствия ухудшения состояния природных экосистем заключаются в потере средообразующих и продукционных функций земель, включающих изменение климата, состояния водных и почвенных ресурсов и здоровья населения.

Мониторинг состояния экосистем должен включать:
- оценку изменения регионального влагооборота и частоты засух и суховеев;
- оценку степени изменения природной структуры и состава биотических и абиотических элементов;
- оценку относительной экологической значимости этих элементов;
- оценку уровня стабильности экосистем;
- оценку стоимости утраченных экосистемных услуг (экологический ущерб).

Основные критерии и индикаторы мониторинга земли как природного ресурса представлены в **Приложении С.4**.

2.5.3. Мониторинг засоления почв в Узбекистане

Кузиев Р.К., Исмонов А. (Узбекистан)

Единая государственная система мониторинга почв сельскохозяйственных угодий способна обеспечить получение достоверной и полной информации о состоянии сельскохозяйственных угодий республики, необходимой для информационного обеспечения органов государственного управления в области рационального использования земельных ресурсов в сельскохозяйственном производстве для землепользователей и общественности. Система единого мониторинга почв сельскохозяйственных угодий предусматривает не только контроль состояния почв, но и возможность активного воздействия на ситуацию. При использовании верхнего иерархического уровня единого мониторинга (сфера принятия решений) появляется возможность целенаправленно управлять источниками негативных явлений [18].

Мониторинг засоления почв и воды выполняют Государственный комитет по земельным ресурсам, геодезии, картографии и государственному кадастру

(Госкомземгеодезкадастр) и Министерство сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан при участии Государственного комитета по архитектуре и строительству Республики Узбекистан, Центра гидрометеорологической службы при Кабинете Министров Республики Узбекистан, Государственного комитета Республики Узбекистан по геологии и минеральным ресурсам и других заинтересованных министерств и ведомств. Ответственными субъектами мониторинга орошаемых земель являются Областные Гидрогеолого-мелиоративные экспедиции Министерства сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан. Также используются материалы почвенных изысканий проектных институтов, научных организаций и институтов Академии Наук и др.

В основу организации и проведения режимных наблюдений положены основные принципы - комплексность и систематичность наблюдений, согласованность сроков их проведения с характерными геоморфологическими и гидрологическими ситуациями и определение показателей едиными методиками на всей территории Республики Узбекистан [14].

В 2001 году была разработана «Методика мониторинга земель в Республике Узбекистан», предназначенная для наблюдения за состоянием земельного фонда в целях своевременного выявления происходящих изменений, их оценки, предупреждения и устранения негативных процессов. Она является руководством для выполнения изыскательских, лабораторных, камеральных работ, обеспечивает изучение, обобщение, систематизацию и автоматизацию работ. В задачу мониторинга почв входит организация и проведение системных наблюдений за состоянием почв с целью своевременного выявления происходящих в них изменений и влияния их на плодородие почв, разработка мероприятий по предупреждению и устранению негативных процессов.

Объектом мониторинга являются все земли Республики Узбекистан, независимо от их правового режима, целевого назначения и характера использования. Мониторинг проводится с учетом целевого назначения земель и подразделяется на подсистемы, соответствующие категориям земельного фонда.

Общим принципом выбора контролируемых объектов (ключевых участков) для почвенного мониторинга является расположение их во всех почвенно-климатических зонах, подзонах и провинциях республики, характеризующихся типичными природными и сельскохозяйственными ландшафтами. При выборе ключевых участков с почвами-доминантами используются хозяйственные и районные почвенные карты масштабов соответственно 1:10000 и 1:25000 и экспликации к ним.

Весь комплекс работ по организации сети и ведению мониторинга почв сельскохозяйственных угодий осуществляется в три периода: подготовительный, полевой и камеральный.

Получение достоверной информации о качественном состоянии орошаемых почв и земельных ресурсов в целом, происходящих изменениях, их оценка и прогноз дальнейшего развития обеспечивается в опорных стационарно-экологических площадках (СЭП) мониторинга почв. В задачу мониторинга входит проведение системных режимных наблюдений за состоянием засоления почв и грунтовых вод,

определение характера изменений и выявление их мелиоративного состояния и плодородия почв, чтобы дать их оценку и сформировать соответствующий прогноз дальнейшего развития.

Основу методологии мониторинга земель составляет почвенно-солевая съёмка на стационарно-экологических и полустационарно-экологических площадках, почвенно-геохимический, сравнительно-географический, лабораторно-аналитические методы и метод обобщения результатов собственных исследований и производственной практики. Сравнительно-географическим методом изучаются состояние (параметры) грунтовых вод и засоления почв.

Список литературы к Главе 2

1	Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. Москва. 1978. 276 с.
2	Айдаров И.П., Завалин А.А. Обоснование комплексных мелиораций (теория и практика). Москва. 2015. 128 с.
3	Айдаров И.П. Экологические основы мелиорации земель. Москва. 2012. 163 с.
4	Базилевич Н.И., Панкова Е.И. Учет засоленных почв. Методические рекомендации по мелиорации солонцов и учету засоленных почв. Москва. 1970.С. 80-82.
5	ВБН 33-5.5-01-97. 2002. Організація і ведення еколого-меліоративного моніторингу. Ч. 1. Зрошувані землі. Київ. 64 сс. (Организация и ведение эколого-мелиоративного мониторинга. Ч. 1. Орошаемые земли)
6	Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. Москва. 1984. 321 с.
7	ВНД 33-5.5-11-02 Інструкція з проведення ґрунтово-сольової зйомки на зрошуваних землях України. Київ. 40 сс. (Инструкция по проведению почвенно-солевой съемки на орошаемых землях Украины)
8	Кравцова В.И. Космические методы исследования почв. Москва. 2005. 190 с.
9	Мазиков В.М. Засоление почв Новой зоны орошения Голодной степи по данным обследования 1975-1976 гг. на основе материалов аэрофотосъемки // Почвоведение. 1978. № 9. С. 74-85.
10	Маргулис В.Ю. Количественная оценка засоленности почв для промывок засоленных земель // Почвы крупнейших ирригационно-мелиоративных систем в хлопкосеющей зоне: Науч.тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М., 1975. С. 3-78
11	Медведев В. В. Мониторинг почв Украины. Концепция. Предварительные результаты. Задачи. Харьков. 2002. 428 с.
12	Медведев В.В., Лактионова Т.Н. Анализ опыта Европейских стран в проведении мониторинга почвенного покрова (Обзор). Киев. 2012.
13	Методика еколого-агромеліоративного обстеження зрошуваних земель. 2004. Посібник 2 до ВНД 33-5.5-11-02 «Інструкція з проведення ґрунтово-сольової зйомки на зрошуваних землях України» .Харків,.22 с. (Методика эколого-агромелиоративного обследования орошаемых земель)
14	Методика по качественному и количественному учету засоленных земель колхозов и совхозов Узбекской ССР. Ташкент. 1981. 16 с.
15	Панкова Е.И. Соловьев Д.А., Рухович Д.И., Савин И.Ю. Мониторинг засоления почв орошаемых территорий Центральной Азии с использованием данных дистанционного зондирования. В кн. «Земельные ресурсы и продовольственная безопасность Центральной Азии и Закавказья». Рим: ФАО, 2016. С. 309-369.
16	Полупан М.І., Соловей В.Б., Величко В.А. Класифікація ґрунтів України. Київ. 2005. 298 сс. (Классификация почв Украины)
17	Полупан М.І., Соловей В.Б., Кисіль В.І., Величко В.А. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України. Київ. 2005. 303 сс. (Определитель эколого-генетического статуса и плодородия почв Украины)
18	Постановление Кабинета Министров республики Узбекистан № 496 от 23 декабря 2000 г. «Об утверждении положения о мониторинге земель в Республике Узбекистан»
19	Рухович Д.И. Многолетняя динамика засоления орошаемых почв центральной части Голодной степи и методы ее выявления. Автореф. дисс. канд. биол. наук. Москва. 2009. 24 с.
20	Соловьев Д.А. Дистанционный мониторинг засоления орошаемых почв Голодностепской подгорной равнины. Дисс. к.с.-х.н. Москва. 1989. 237 с.

Глава 3.
Оценка и прогноз развития процессов засоления и осолонцевания почв

Айдаров И.П. (Россия)

В соответствии с концепцией устойчивого развития, сельское хозяйство должно обеспечить сохранение и восстановление земель, эффективное использование природно-ресурсного потенциала и стабильное производство продукции, необходимой для удовлетворения потребностей современного и будущего поколений. Проблема устойчивого развития сельского хозяйства требует комплексного подхода к исследованию и принятию решений по вопросам, связанным с управлением природными процессами. Таким образом, переход к устойчивому развитию должен основываться на изучении экологических и социально-экономических проблем, что подразумевает детальный анализ причинно-следственных связей между природными и хозяйственными факторами, и долгосрочных последствий влияния сельского хозяйства на природные ресурсы, а также выработку методов количественной оценки состояния земель [2].

Анализ современного состояния земель сельскохозяйственного назначения и причин его ухудшения требует рассмотрения, по меньшей мере, трех аспектов взаимодействия природы и человека: (i) ***экологического***, связанного с нарушением биоразнообразия и устойчивости природных экосистем, являющихся основой формирования природных ресурсов и экологической стабильности агроценозов; (ii) ***социально-экономического***, связанного с истощением природно-ресурсного потенциала, снижением эффективности и стабильности с/х производства и продовольственной безопасности; и (iii) ***разработки количественных методов оценки долгосрочных последствий*** воздействия хозяйственной деятельности и обоснования комплексных мелиораций.

Все это требует рассмотрения взаимодействия природных компонентов и сельского хозяйства и их влияния на природные системы. Основой для планирования комплексных мелиораций земель является разработка системы имитационных моделей и методов составления долгосрочных прогнозов изменения состояния орошаемых земель, поскольку без прогноза нет управления.

3.1. Методы и модели оценки состояния орошаемых земель

Методы и модели, позволяющие оценивать состояние земель и, самое главное, прогнозировать изменение природно-ресурсного потенциала в условиях антропогенного воздействия в настоящее время разработаны недостаточно. Вместе с тем, известно, что прогноз возможных изменений состояния земель в процессе их использования является основой для разработки системы мероприятий по сохранению и эффективному использованию природных ресурсов. Учитывая, что основным объектом труда и средством производства в сельском хозяйстве является почва, а также ее тесную связь с биоразнообразием наземных и водных экосистем, при разработке методов управления ее состоянием необходимо рассматривать несколько уровней – почвы, включая структуру взаимодействия их элементов, роль в функционировании наземных экосистем и компонентов биосферы [2].

3.2. Методы и модели, необходимые для управления природными ресурсами

Оценка особенностей зональных почв в зависимости от природных условий. Эта графическая модель основана на использовании закона географической зональности почв и общих процессов почвообразования. В качестве интегрального показателя для оценки особенности зональных почв использовано значение:

$$\overline{R} = \frac{R}{L(O_c + O_p)} \qquad (3.1)$$

где: R – радиационный баланс, кДж/см^2; O_c и O_p сумма атмосферных осадков и оросительная норма, см; L – скрытая теплота парообразования, кДж/см^3.

Преимуществом этого интегрального показателя приземного слоя атмосферы является то, что показатель $(\overline{R})$ позволяет оценить тип водного и солевого режимов почв, интенсивность биологических процессов. При использовании $(\overline{R})$ в качестве интегрального показателя учитывается идея показателя увлажненности Докучаева (Рисунок 3.1).

Представленная на рисунке 3.1. графическая модель содержит большой объем объективной информации, необходимый не только для оценки состояния зональных почв и ландшафтов в естественных условиях, но и для обоснования путей и методов управления их состоянием в условиях орошения земель.

Модель дает возможность оценить:

- особенности зональных почв и ландшафтов, включая водно-физические, физико-химические, биологические и другие свойства в естественных условиях;
- пути и методы регулирования водного, химического и других режимов почв. При величине $\overline{R} < 1$ необходимо регулирование водного режима почв за счет осушения, а кислотно-щелочного режима – за счет известкования. При $\overline{R} > 1$ необходимо орошение, а регулирование кислотно-щелочного режима за счет гипсования;
- наиболее сложным объектом регулирования являются плодородные почвы степной и сухостепной зон. Изменение величины $\overline{R}$ в ту или иную сторону неизбежно сопровождается ухудшением состояния почв, что объясняется очень высокой степенью неравновесности черноземных и каштановых почв;
- направленность и интенсивность и интенсивности изменения свойств и плодородия почв в результате сельскохозяйственной деятельности и изменения величины $\overline{R}$.

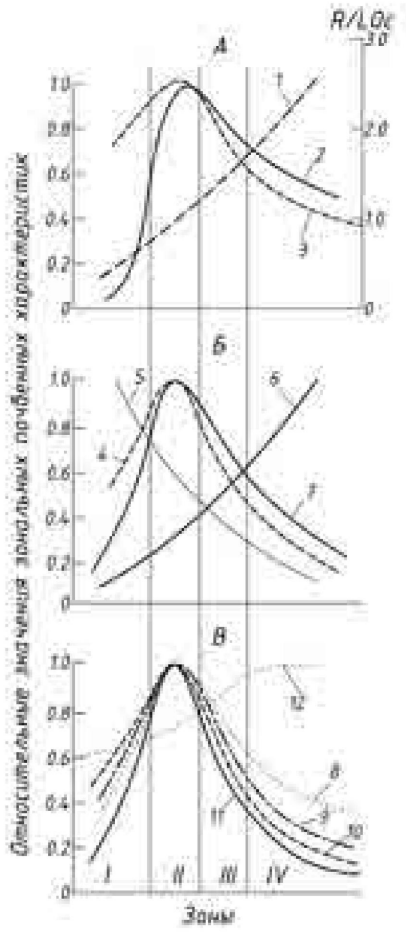


Рисунок 3.1. Факторы почвообразования (А), водно-физические (Б) и физико-химические свойства почв (В).

Обозначения: I – гумидная зона; II – степная зона; III –сухостепная зона; IV – полупустынная и пустынная зоны; 1 – величина $\overline{R}$; 2 – отношение ежегодного опада к биомассе; 3 – энергия почвообразования; 4 – содержание частиц < 0,001 мм; 5 – влажность почв; 6 – аэрация почв; 7 – содержание водопрочных агрегатов; 8 – доступность элементов минерального питания; 9 – отношение гуминовых кислот к фульвокислотам; 10 – величина ППК; 11 – содержание гумуса; 12 – величина pH.

Существенным недостатком модели является невозможность оценки динамики изменения свойств и плодородия почв во времени.

3.3. Модели и методы оценки водного и солевого режимов орошаемых земель

Для оценки динамики водного и солевого режимов почв при орошении необходимо знать количественные связи влаго- и солепереноса с природными и хозяйственными условиями. Вместе с тем, использование сложных уравнений массопереноса в почвах, основанных на учете всего многообразия факторов, требует определения многочисленных параметров. Поэтому, для составления прогноза необходим учет наиболее существенных процессов и применение наиболее простых моделей. Для расчета динамики водного режима земель, характеризующихся хорошей естественной дренированностью и глубоким залеганием уровня грунтовых вод (>5-10 м) , целесообразно использовать достаточно простой метод [1, 2].

Прогнозный водный режим почв определяется из уравнения баланса и уравнения, связывающего процессы влагообмена между корнеобитаемым слоем, атмосферой и нижележащими горизонтами [1].

$$\overline{W}_2 = \overline{W}_1 + \frac{\Delta t}{r_0(m_0 - W_0)}(O_c + O_p - E - g) \qquad (3.2)$$

$$g = K_B \overline{W}_{cp}^{3,5} \qquad (3.3)$$

где: $\overline{W}_{1,2}$ - относительная влажность почвы в начале и в конце расчетного периода $\overline{W} = \frac{W - W_0}{m_0 - W_0}$; m_0 – пористость, в долях от объема; W_0 – максимальная молеку

лярная влагоемкость, в долях от объема; W – влажность почвы, в долях от объема; r0 – мощность корнеобитаемого слоя, мм; Δt –расчетный период, сут.; Кв – $\overline{W}_{cp}$; g - влагообмен между почвой и нижележащими горизонтами, мм.

Преимущества предлагаемого метода составления прогноза водного режима заключаются в простоте расчетов и минимальном количестве исходных параметров, которые достаточно просто определяются в процессе почвенных изысканий. Пределы регулирования влажности корнеобитаемого слоя могут быть заданы для любой сельскохозяйственной культуры и естественной луговой растительности. Величина суммарного испарения с достаточной точностью определяется в зависимости от биологических особенностей растений, температуры и влажности воздуха и суммарной водоподачи. При близком залегании грунтовых вод уравнения (3.2) и (3.3) дополняются уравнениями баланса грунтовых вод [1].

Для расчета среднего содержания солей в слое $0 < x \leq L$ можно использовать номограмму (Рисунок 3.2), где сплошные линии соответствуют процессу рассоления, когда ($\bar{t} > 0$); пунктирные линии соответствуют процессу засоления почв, когда потоки влаги направлены вверх ($\bar{t} < 0$); Pe - безразмерный параметр Пекле; $\bar{c} = \frac{(c - c_1)}{(c_0 - c_1)}$; c_0 – исходное содержание солей в почвах,

%; c_1 – минерализация поливной воды, ($c_1 \geq 0$); c – содержание солей в почвах на конец расчетного периода, %.

При оценке солевого режима почв с высокой емкостью ППК (более 15-20 мг-экв/100 г) необходимо учитывать, кроме суммы токсичных солей, содержание катионов кальция, натрия и магния в почвенном растворе и в ППК. В этом случае модель должна рассматривать процессы конвективной диффузии и равновесную динамику ионообменной сорбции.

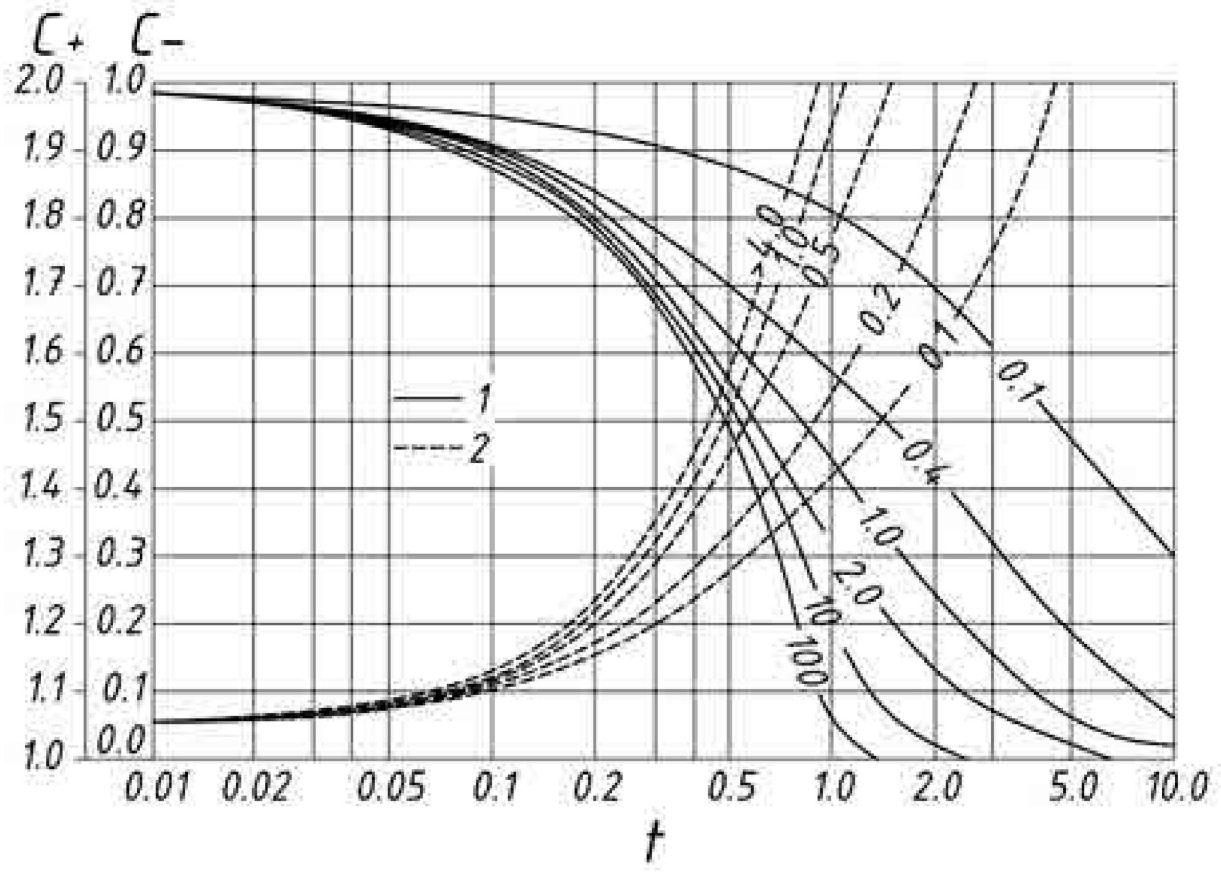


Рисунок 3.2

Номограмма для расчета динамики изменения среднего содержания солей в слое 0 < x ≤ L, %; $t = \frac{O_{p+O_c-E}}{xm_o}$ *; O_p и O_c – суммарное поступление воды; E – суммарное испарение; x и m_0 – мощность и пористость расчетного слоя почвы; цифры на кривых указывают значения безразмерного параметра Pe = x/m0λ*

Для оценки распределения солей по профилю почвы используются выражения [1]:

$$\overline{c} = \frac{c}{c_2} = exp\left[2Pe(1 - \frac{1}{\overline{V}})(1 - \overline{X})\right] \quad \text{при c1} = 0 \quad (3.4)$$

$$\overline{c} = \frac{c}{c_1} = -\frac{\overline{c_1}}{\overline{V} - 1} + (1 + \frac{\overline{c_1}}{\overline{V} - 1})exp\left[2Pe(1 - \frac{1}{\overline{V}})(1 - \overline{X})\right] \quad \text{при c1} > 0 \quad (3.5)$$

где: c, c_1 и c_2 – расчетная минерализация, минерализация поливных и грунтовых вод, г/л; $\overline{V}$ - соотношение восходящих и нисходящих потоков влаги в почве; $\overline{x} = \frac{x}{x_1}$; x и x_1 - расчетный слой почвы и глубина грунтовых вод, м.

Прогноз солевого режима почв производится в течение 2-3 ротаций проектных севооборотов. Расчет производится по отдельным периодам каждого года: вегетационному, осенне-зимнему и весеннему. При промерзании почв осенне-зимний период можно не рассматривать. Значение $\overline{V}$ определяется по результатам составления прогноза водного режима по тем же периодам года.

$$\overline{V} = \frac{E + T_p}{O_c + O_p} \quad (3.6)$$

где: $E + T_р$ – суммарное испарение, мм; $O_с + O_р$ – атмосферные осадки и оросительная норма, мм.

При несоблюдении требуемого солевого режима величина $O_р$ увеличивается за счет промывного режима.

Список литературы к Главе 3

1	Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. Москва. 1978. 276 с.
2	Айдаров И.П. Экологические основы мелиорации земель. Москва. 2012. 177 с.
3	Рекс Л.М., Королькова Т.П. Определение запасов солей и эпюры исходного засоления почвогрунтового слоя // Почвоведение. 1971. № 2 С. 65-78.

Глава 4.
Рациональное использование засоленных и солонцеватых почв (на примере Украины)

В данном разделе приведены основные подходы и принципы интегрированного управления водно-земельными ресурсами и систематика мелиоративных мероприятий. Они включают технологические, инновационные, информационные и методологические вопросы использования и охраны засоленных почв, а также синергетические мелиоративные аспекты управления, ориентированные на совершенствование механизмов саморегуляции экосистем, воспроизводство природных ресурсов и усиление суммарного эффекта комплекса мероприятий для успешного решения проблем мелиоративного обустройства и использования земель и «зеленой» экономики.

4.1. Систематика мелиоративных мероприятий

Трускавецкий Р.С. (Украина)

Весьма важно выбрать правильный методологический подход для систематизации мелиоративных нагрузок на почвы и ландшафты.

Все известные на сегодня мелиоративные мероприятия в Украине систематизированы по иерархии трех уровней, объединены в группы (высокий уровень), в пределах групп выделены виды мелиораций, а в пределах вида (нижний уровень) - способы мелиорации (Таблица 4.1).

Таблица 4.1. Систематика мелиоративных мероприятий в Украине

Иерархические уровни		
группы	виды	способы
Гидротехнические	Оросительные системы	дождевание поверхностное орошение (по бороздам, полосам, затоплением) внутрипочвенное орошение капельное орошение
	Дренажно-оросительные системы	Способ орошения на фоне горизонтального дренажа Способ орошения на фоне вертикального дренажа
Химическая мелиорация	Гипсование Кислование и др.	Сплошное внесение вразброс компенсирующее локальное комбинированнное
Агротехническая мелиорация	Поверхностно-водорегулирующие мелиорации	Планировка поверхности Бороздование Гребневание Грядование
	Внутрипочвенно-водорегулирующие мелиорации	Глубокое рыхление почвы Щелевание Аэрационное кротование

Фитобиологическая мелиорация	Травяная мелиорация	Насыщение фитомелиорантами севооборотов Сидерация Секвестрация органического углерода Залужение
Культуртехническая мелиорациия	Мелиорация (окультуривание) поверхности земельной делянки	Освобождение поверхности от древесно-кустарниковых зарослей, пней, камней Уничтожение кочек, выполаживание
Структурная мелиорация	Структурное изменение твердой фазы пахотного слоя почвы	Пескование Глинование
	Структурное изменение почвенного профиля	Плантаж Глубокая полуотвальная вспашка Вертикальные скважины

4.2. Интегрированное управление водными и земельными ресурсами засоленных территорий

Жовтоног О.И., Воротынцева Л.И. (Украина)

Для обеспечения сбалансированного и устойчивого развития сельскохозяйственного производства на засоленных почвах, эффективного и рационального их использования одним из инструментов является применение системного подхода - методов и принципов интегрированного управления.

Интегрированные подходы в управлении водными ресурсами широко распространены в мировой практике и отмечаются в составе Европейской водной директивы как такие, которые не имеют альтернативы при решении проблемы использования водных ресурсов для продовольствия и охраны окружающей среды и дают возможность решать необходимый перечень социальных, экологических и экономических вопросов [6, 23, 24]. При этом основное внимание сосредотачивается на скоординированном управлении водными, земельными и связанными с ними ресурсами для достижения высоких показателей социального и экономического развития без причинения ущерба устойчивости жизненно важных элементов экосистем [2, 3, 22].

Интегрированное управление водными ресурсами рассматривается как процесс, который «способствует скоординированному развитию и управлению водными, земельными и связанными ресурсами, с целью максимизации экономических достижений и социального благополучия на основе справедливости и без компромиссов в отношении устойчивости жизненно важных экосистем» [22, 23].

Основой современной концепции интегрированного управления водными и земельными ресурсами является управление водой для социально-экономического развития и сохранения экосистем. Земельными, водными ресурсами и экосистемами необходимо управлять как единым комплексом для обеспечения условий жизнедеятельности людей и устойчивого развития в целом. Применение данного подхода на засоленных территориях обеспечит достижение результата за счет формирования профессионального управления, научно обоснованного планирования, прогнозирования направленности почвенных процессов, поддержки скординированного межсекторального взаимодействия заинтересованных сторон.

Экологически сбалансированное использование засоленных земель с учетом

природно-климатических и социально-экономических особенностей территории является неотъемлемым условием планирования, устойчивого развития сельскохозяйственного производства, создания перспектив для дальнейшего расширения направлений товаропроизводства, а также повышения жизненного уровня сельского населения и принятия эффективных управленческих решений. При этом огромное внимание следует уделять социальным факторам, которые должны быть направлены на повышение жизненного уровня, доходов сельского населения, создание дополнительных рабочих мест, развитие малого и среднего бизнеса.

Разработка и реализация планов интегрированного управления водными и земельными ресурсами засоленных территорий включает следующие этапы: организация проекта; разработка альтернативных планов землеводопользования и выбор наиболее экономически обоснованного варианта интегрированного плана, экономическая оценка затрат и прибыли от его реализации, утверждение плана; поиск источников финансирования; реализация плана и оценка его результатов.

Первым этапом работ является комплексное изучение состояния территории – природных и социально-экономических условий. Проводится оценка состояния почвенного покрова (качества почв); водных ресурсов (ирригационная оценка по агрономическим и экологическим критериям); изучаются водохозяйственная инфраструктура и планы землепользований. На основании полученных результатов формируется база данных природных и хозяйственных условий территории, составляется картографический материал с использованием ГИС-технологий и с участием заинтересованных сторон, составляются альтернативные планы интегрированного управления водными и земельными ресурсами засоленных территорий. Затем выполняется эколого-экономическая оценка разработанных планов и выбор наиболее экономически обоснованного варианта.

Важнейшим элементом интегрированного управления водными и земельными ресурсами засоленных территорий является интеграция различных точек зрения и интересов в процессе выполнения работ, планирование и инициатива «снизу–вверх».

Таким образом, внедрение принципов и сценариев интегрированного управления обеспечит рациональное и скоординированное управление водными и земельными ресурсами засоленных территорий в условиях климатических изменений, будет способствовать водосбережению, адаптивному использованию засоленных почв с учетом их свойств и качества для получения максимального экономического эффекта.

4.3. Инновационно-инвестиционное обеспечение управления и использования засоленных почв

Кучер А.В., Анисимова О.В. (Украина)

Инновационно-инвестиционное обеспечение мелиорации земель - комплекс мероприятий, предусматривающий применение средств, механизмов, методов, инструментов и приемов инновационного и инвестиционного менеджмента, направленных на мобилизацию и увеличение объема поступления инвестиций и вложения средств в инновации организационно-технологического, агрохимического, природоохранного характера для повышения эффективности управления и использования мелиорированных земель и объектов мелиорации.

В концептуальном плане инновационная политика должна сочетаться с инвестиционной политикой, направленной на стимулирование инвестиций и одновременно стимулирующей инновации в той части, где инвестиции выступают базой для материализации нововведений. При этом, активизация инновационных процессов порождает дополнительный спрос на инвестиции. Органическое сочетание инновационной и инвестиционной деятельности, роста объема вложения средств в инновационные технологии следует рассматривать как важнейшую перспективу эффективного и устойчивого развития мелиоративного комплекса.

Приоритеты государственного регулирования инновационно-инвестиционной политики в мелиоративном комплексе Украины включают следующие меры [9]:

- создание инфраструктуры рынка инноваций, развитие системы трансфера технологий, в частности, путем концентрации на развитии инновационной деятельности финансовых и материальных ресурсов, в т. ч. при научных парках и научно-исследовательских институтах путем создания бизнес-инкубаторов с привлечением малого и среднего бизнеса, формирования целостной инновационной политики, основанной на принципах планирования и прогнозирования инновационной деятельности;
- внедрение организационно-экономического механизма, который направлен, в частности, на поощрение экологических новшеств и обеспечение формирования спроса на инновации в сфере мелиорации и стимулировал бы вложения инвестиций в инновации по экологизации системы хозяйствования на мелиорированных землях;
- развитие системы экономического стимулирования почвоохранной инновационной деятельности предприятий (предоставление налоговых льгот субъектам предпринимательской деятельности, которые приобрели лицензии или патент на экологические инновации в мелиоративной отрасли, внедрили почвозащитные технологии)
- предоставление налоговых льгот предприятиям различных форм собственности и хозяйствования в случае инвестирования ими собственных средств в научные исследования для разработки экологических инноваций в мелиоративном комплексе;
- создание комплексного механизма кредитного стимулирования инновационной деятельности в сфере мелиорации земель для внедрения инновационных разработок в производство, в частности, путем льготного кредитования предприятий, реализующих инновационные мелиоративные проекты;

- формирование фонда кредитного страхования инновационных разработок, организация государственного страхования возможных рисков в процессе инновационной деятельности, создание специальных инновационно-инвестиционных банков для концентрации капитальных ресурсов на цели инноваций в сфере мелиорации;
- совершенствование организационно-экономического механизма взаимодействия субъектов процесса привлечения прямых иностранных инвестиций в направлении использования рычагов нефискального их стимулирования на основе либерализации экономической деятельности в агросфере и организации институционального обеспечения, в частности улучшение деятельности агентов по содействию поступлению иностранных инвестиций.

Совершенно очевидно, что возможности реализации мероприятий по мелиорации засоленных земель определяются, главным образом, наличием необходимых инвестиционных ресурсов. Так, например, согласно прогнозным расчетам, осуществление ежегодного гипсования солонцовых почв в Украине на площади около 0,1 млн га требует инвестирования почти 5,6 млн долл. США, а для проведения мелиоративной плантажной вспашки солонцовых почв в Украине на площади 0,04 млн га ежегодно нужно тратить около 2,7 млн долл. США. Достичь высокой эколого-экономической эффективности на мелиорированных землях можно на основе широкомасштабного использования инновационных разработок, обеспечивающих реализацию инновационно-инвестиционной модели опережающего развития аграрного сектора.

К основным источникам финансирования приоритетных направлений инновационного развития мелиорации земель в Украине относятся: а) собственные средства сельскохозяйственных предприятий и смежных организаций; б) государственный бюджет Украины и местные бюджеты всех уровней; в) фонды охраны окружающей природной среды всех уровней; г) банковские кредиты и финансовый лизинг; д) внутренние и иностранные инвестиции и международная техническая помощь; е) другие внебюджетные средства, не запрещенные действующим законодательством.

Для поиска дополнительных инвестиционных ресурсов следует использовать разнообразные формы инвестиционного обеспечения, в первую очередь средства глобальных и региональных фондов, институтов совместного инвестирования, международных финансово-кредитных учреждений и займов правительств развитых стран.

Принимая во внимание ограниченность инвестиционных ресурсов в государстве, предлагается осуществлять экономическое стимулирование сельхозпроизводителей, которые за собственные средства проводят мелиорацию засоленных почв, обеспечивая таким образом их охрану и рациональное использование, путем частичной компенсации расходов на мелиоративные мероприятия. Так, гипсование засоленных почв нуждается в государственной финансовой поддержке в размере 10 % общей стоимости мероприятий; плантажную вспашку товаропроизводители должны производить за счет собственных средств с возможной частичной компенсацией ее стоимости (до 10 %) государством.

Повысить эффективность инвестиционно-инновационного обеспечения мелиорации земель можно благодаря активному участию государственного капитала на принципах государственно-частного партнерства, предусматривающего использование государством механизмов, стимулирующих привлечение частного капитала в развитие инновационных процессов.

Основным источником инвестирования инновационного развития мелиорации остаются собственные средства предприятий, то есть прибыль и амортизационные отчисления. Наряду с этим в последние годы много аграрных предприятий были убыточными, а амортизация потеряла реальную потенциальную возможность влиять на пополнение финансовых ресурсов. Учитывая это, для мобилизации финансовых ресурсов необходимо привлекать как внутренние, так и внешние инвестиции, что возможно при условии создания благоприятного бизнес-климата и институциональной среды для инвестиционной деятельности отечественных инвесторов и привлечения иностранного капитала.

Важную роль в обеспечении финансирования инвестиционно-инновационных мелиоративных проектов должно играть банковское кредитование. Для этого необходимо на государственном уровне решить проблемы удешевления кредитов, увеличения сроков кредитования, увеличения объемов кредитных ресурсов и расширения доступа к ним, расширения направлений целевого использования компенсационных кредитов. Приоритетным здесь должно стать долгосрочное, льготное, с частичным или полным погашением процентных ставок за счет средств госбюджета, кредитование мероприятий по мелиорации.

Учитывая ограниченность бюджетных средств и суженные возможности аграрных формирований для самофинансирования мелиоративных проектов, необходимо искать нетрадиционные рыночные источники их финансирования. Одним из перспективных и достаточно эффективных путей решения указанной проблемы может стать лизинг, который выгоднее выгоднее банковских кредитов, и предусматривает товарное кредитование, что позволяет без значительного финансового напряжения восстановить и приобрести необходимые производственные фонды. Поэтому в ближайшей перспективе целесообразно на государственном уровне решить проблему переоснащения имеющихся систем новой мелиоративной техникой на основе внедрения действенной программы государственного лизинга.

Активизации формирования эффективных источников инвестирования может способствовать создание инновационных объединений производителей сельскохозяйственной продукции на мелиорированных землях в пределах области или нескольких районов и создания на основе этих объединений акционерных обществ, венчурных сельскохозяйственных предприятий, агрокомплексов, которые смогут проводить более эффективную политику по привлечению как отечественных, так и иностранных инвесторов [4].

Перспективными могут быть следующие организационные мероприятия: формирование холдинговых компаний на базе государственных водохозяйственных предприятий как эффективной формы наращивания инвестиционного потенциала; применение консорциумного кредитования, что предусматривает

минимизацию риска при кредитовании и гарантирует возврат крупных кредитов; кооперирования сельхозпроизводителей различных организационно-правовых форм хозяйствования для осуществления совместных инвестиций и минимизации рисков.

Таким образом, поэтапное воплощение системы инновационно-инвестиционного обеспечения мелиорации открывает не только определенные резервы увеличения объема и эффективности производства сельскохозяйственной продукции на мелиорированных землях и сохранения их качественного состояния, но и будет способствовать повышению уровня продовольственной безопасности государства.

4.4. Информационное и нормативно-методическое обеспечение охраны и использования засолённых почв

Балюк С.А., Захарова М.А., Лазебная М.Е. (Украина)

Основными источниками информации о современном состоянии орошаемых почв Украины являются: материалы крупномасштабного почвенного обследования; земельный кадастр; материалы агрохимической паспортизации земель сельскохозяйственного назначения; материалы эколого-мелиоративного мониторинга; данные научных учреждений, вузов; данные государственной системы мониторинга земель и другие источники. Все эти источники информации характеризуют почвенный покров Украины в зоне орошения.

Материалы крупномасштабного почвенного обследования (1957-1961 гг.) с последующей корректировкой до середины 1970-х годов являются устаревшими, т.к. не учитывают изменений почв под влиянием значительного антропогенного воздействия и характеризуют ограниченный перечень свойств почв.

В целом, они не отражают реального современного состояния почвенного покрова, не учитывают изменений состояния и свойств почв под влиянием антропогенных воздействий, в том числе орошения. В то же время, на материалах этого почвенного обследования строятся группировки, районирование, оценка, бонитировки почв, внедрение агротехнологий. Естественно, что все эти материалы требуют обновления, однако на более качественном уровне с учётом данных из других служб и на новом методическом уровне, учитывающем эти данные в общей результирующей оценке.

Земельный кадастр содержит в основном материалы крупномасштабного почвенного обследования, имеет несколько обобщённую систему оценки, поэтому имеет те же недостатки и не учитывает достаточно быстрых изменений качества почв.

Материалы агрохимической паспортизации земель сельскохозяйственного назначения (с 1964 года проведено 10 туров агрохимического обследования). Полученные материалы обобщены и изданы в виде Национального доклада о состоянии плодородия почв. Однако агрохимическое обследование почв выполняется на других методологических подходах, чем обследование орошаемых почв, смешанные образцы почв отбираются без привязки в системе географических координат и

не учитывается гранулометрический состав почв, возможно усиление пестроты почвенного покрова под действием орошения, а результаты характеризуют поля и рабочие участки, а не почвы как таковые.

В основном информация о мелиоративном состоянии орошаемых земель получается при проведении *эколого-мелиоративного мониторинга* (ЭММ) их состояния. ЭММ осуществляют во исполнение Закона Украины «О мелиорации земель» (№ 1389-XIV от 14.01.2000), Водного кодекса Украины (№ 213/95-ВР от 06.06.1995) и ряда постановлений Кабинета Министров Украины. Систематическим контролем охвачены орошаемые земли на площади 2 170 000 га. Однако ведение ЭММ также не лишено недостатков: контролируют ограниченный набор показателей - качество воды для орошения, уровень грунтовых вод, минерализацию грунтовых вод, дренажный сток, засоление, солонцеватость. На основании этих показателей готовят ведомственную отчетность о состоянии орошаемых земель и проводят оценку их эколого-мелиоративного состояния.

Авторы считают, что этот вид ведомственного мониторинга должен входить в единую систему государственного мониторинга окружающей природной среды, дополнять материалы почвенно-агрохимических обследований, сочетаться с материалами агрохимической паспортизации.

Данные научных учреждений, высших учебных заведений. Ведутся наблюдения в сети длительных полевых опытов. При ведении опытов контролируется значительное количество показателей свойств почв. Однако данные не характеризуют почвенный покров зоны орошения в целом.

Мониторинг земель в *Государственной системе мониторинга окружающей природной среды* - фактически его проводят только Минагрополитики Украины (ГУ «Институт охраны почв Украины» - агрохимическая паспортизация земель сельскохозяйственного назначения) и Госводагенства Украины (гидрогеолого-мелиоративные экспедиции и партии - информация о мелиоративном состоянии орошаемых и осушаемых земель). Получаемая информация носит ведомственный характер, она получена различными методами, несогласованными программами наблюдений, находится, как правило, в неструктурированных, несовместимых с другими информационными системами базах данных, преимущественно на бумажных носителях, которые не могут быть использованы в современных технологиях и такую информацию трудно совместить. Это не позволяет в полной мере использовать материалы для оценки и прогноза изменений состояния орошаемых почв с целью управления им.

Нами предложены меры, которые будут способствовать получению достаточной, достоверной, точной и оперативной информации о состоянии орошаемых почв, решению проблемы охраны почв и повышению их плодородия: почвенное обследование должно быть объединено с агрохимической паспортизацией, эколого-мелиоративным мониторингом, то есть речь идет о применении новой мелиоративно-почвенно-агрохимической методики. При этом каждый отдельный вид обследования дополнит другие, а вместе они создадут насыщенную информационную систему, способную решать вопросы оценки состояния, прогноза, управления, использования и охраны орошаемых почв. Такое обследование должно

проводиться на новой почвенной основе, по единым программам и методикам и максимально соответствовать европейским подходам.

В Региональном плане реализации программы Евразийского почвенного партнерства «На пути к устойчивому управлению почвенными ресурсами на 2015-2019 гг.» (План имплементации ЕАПП) предусмотрена разработка международной нормативно-методической базы в сфере рационального использования и мелиорации засоленных и солонцовых земель. Адаптация стандартов к современным достижениям науки является одним из основных принципов рационального использования и мелиорации засоленных и солонцовых земель. В связи с этим нормативные документы требуют своевременного обновления и разработки новых стандартов с учетом потребностей отрасли. Стандартизация в области охраны земель и качества почв проводится с целью определения и систематизации комплекса установленных и разработанных необходимых норм, правил, требований по охране и рациональному использованию почв, нормативного обеспечения устойчивого землепользования и экологической безопасности в агропромышленном комплексе.

В Украине функция формирования и разработки нормативных документов различных уровней возложена на технические комитеты по стандартизации (далее ТК). В Украине активно работают над разработкой национальных нормативных документов ТК 142 «Почвоведение» и ТК 145 «Мелиорация и водное хозяйство». На сегодня разработано и на национальном уровне внедрено нормативно - методическое обеспечение мониторинга свойств и управления плодородием земель. Это более чем 300 нормативных документов, из которых около 30 стандартов - в направлении оценки состояния и рационального использования засоленных, солонцовых и орошаемых почв. Стандарты созданы с использованием международного опыта на принципах комплексности и соответствия действующему законодательству. Действуют также ряд инструкций и методических рекомендаций.

4.5. Технологическое обеспечение охраны и использования засоленных почв

4.5.1 Система гидротехнических, агромелиоративных и химических мелиораций засоленных и солонцовых почв

Балюк С.А., Носоненко А.А., Дрозд Е.Н. (Украина)

Гидротехнические мелиорации включают в себя дренажные системы и промывки почв от солей, агромелиоративные – севообороты, системы удобрения и обработки почвы, в том числе мелиоративную плантажную вспашку, химические – химическую мелиорацию оросительных вод и почв.

Дренажные системы. Система дренажа представляет собой комплекс взаимодействующих гидротехнических сооружений (дрены, коллекторы, насосные станции, отводящая сеть, эксплуатационные пути и сооружения на них), которые осуществляют отвод избыточных грунтовых вод за пределы орошаемого массива в водоприемник [8, 21], и обеспечивает благоприятные для выращивания культур водный и солевой режимы почвы.

Дренаж на орошаемом массиве может быть горизонтальный, вертикальный, комбинированный и совмещенный (горизонтальный на фоне вертикального). Горизонтальные дрены принимают и отводят грунтовые воды непосредственно с мелиорированной территории, а коллекторы транспортируют их в водоприемник. При большой толщине верхнего слабопроницаемого слоя почвогрунта и напорном питании грунтовых вод целесообразнее устройство вертикального дренажа, который состоит из скважин с фильтрами-водоприемниками и оборудования для забора и отвода воды. В зависимости от геологических условий одна скважина может обслуживать площадь от 100 до 500 га. Вертикальный дренаж применяют, как правило, для решения трех основных задач: 1) подъем на орошение пресных напорных подземных вод с одновременным рассолением почв; 2) предотвращение подъема минерализованных грунтовых вод на новых орошаемых массивах, развития вторичного засоления; 3) замена минерализованных грунтовых вод пресными.

С целью улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель разработаны способы очистки и обессоливания дренажных вод: локальные очистные сооружения с использованием сорбентов и ионообменных смол; комплексы биологической очистки с использованием природной энергии (испарение, зимнее вымораживание) и др.

Для усиления дренажного эффекта применяют комбинированный дренаж путем совмещения функций горизонтального и вертикального дренажа, а именно сочетание систем горизонтальных дрен с рядами скважин, вода из которых самотеком поступает в горизонтальную дрену, которая выполняет дренирующую роль относительно верхнего, менее проницаемого слоя.

Промывки почв от солей. Промывки почв от солей - это процесс снижения избыточной концентрации солей, которые содержатся в почве, до предела, допустимого при выращивании сельскохозяйственных культур, путем подачи на поверхность почвы воды и отвода раствора солей в водоприемники с помощью дренажа [21]. Промывки применяются на почвах, засоленных токсичными солями щелочных, щелочноземельных и / или тяжелых металлов, с целью детоксикации этих почв.

Для полевых сельскохозяйственных культур толщина промываемого слоя составляет, как правило, 1.0 м. Для солеустойчивых культур и культур средней солеустойчивости, но с неглубокой корневой системой (кормовая свекла, суданская трава, сорго, зерновые колосовые злаки, некоторые овощные культуры) допускается толщина промываемого слоя 0.5 м, если при этом степень засоления следующего полуметрового слоя почвы будет не выше слабой.

Основным методом промывок, наиболее распространенным в производственных условиях, является затопление по чекам. Оптимальный срок проведения промывок затоплением - сентябрь-октябрь. Это период глубокого залегания УГВ, уменьшения испарения. В этот срок промывка является одновременно и влагозарядковым поливом. Подготовка к промывке включает вспашку, планировку поверхности, вторую вспашку, внесение кальциевых мелиорантов, боронование, устройство валиков для предотвращения поверхностного стока.

Метод промывки засоленных почв дождеванием был разработан и применен

сотрудниками ННЦ ИПА. Подготовка почвы к промыванию дождеванием в целом аналогична подготовке к промыванию затоплением, только ограничительные валики не насыпаются. Осуществляют промывку дождевальными агрегатами любого типа, если они обеспечивают равномерность увлажнения почвы и подачу объемов воды до 3-4 тыс. $м^3$ / га в течение нескольких дней [14].

На слабозасоленных почвах, а также в случае, когда после основных промывок сохранилась остаточная засоленность, выполняют промывки уменьшенными нормами. Сроки таких промывок: весной, во время вегетации растений, или осенью как влагозарядковые поливы под озимые культуры.

Промывки засоленных почв дождеванием на фоне вертикального дренажа и химической мелиорации в 10 раз дешевле и требуют затрат воды в 4 - 5 раз меньше, чем традиционные промывки затоплением по чекам. Эффект рассоления почв и приростов урожаев при этом одинаковый при обоих способах.

Системы удобрения. Система удобрения представляет собой план применения минеральных и органических удобрений в севообороте с указанием их доз, времени и способа внесения.

В соответствии с разработками ИОЗ, определение оптимальных доз удобрений должно основываться на учете содержания элементов питания в почве каждого поля по сравнению с оптимальным (приводится в соответствующей литературе [7]). Если фактическое содержание элементов питания в почве является оптимальным, то удобрения в это поле не вносят. Если фактическое содержание элементов питания в конкретном поле меньше оптимального, то дозу азотного удобрения устанавливают методом элементарного баланса, фосфора - по его выносу запланированным урожаем, а калия - с учетом градации обеспеченности почвы этим элементом.

Бактериальные удобрения могут заменить до 30 кг / га действующего вещества азотного или фосфорного удобрения.

Вместо навоза можно использовать солому зерновых колосовых злаков, стебли кукурузы и запахивать зеленое удобрение. При этом возможно получать почти такой же урожай, как и при применении навоза, а потребность в минеральных удобрениях уменьшается на 30,3%, затраты совокупной энергии на 1 га севооборотной площади - до 60% [7].

Один из путей интенсификации орошаемого земледелия - сочетание поливов с внесением минеральных удобрений (фертигация). Установлено [15], что для фертигации пригодны такие формы удобрений (простые и сложные), которые хорошо растворимы в воде, не образуют значительного количества шлака и не вызывают коррозионных явлений. Их можно смешивать с поливной водой практически в любых соотношениях. Они также дают возможность полностью механизировать процессы внесения и снизить затраты труда и других средств на единицу удобрений, которые вносят в почву.
В условиях дефицита органических и минеральных удобрений актуальность приобретают ресурсосберегающие способы их применения, например локальное внесение туков, которое позволяет на 30-50% уменьшить оптимальные нормы, прежде всего, фосфорных удобрений.

Другие преимущества локализации внесения удобрений заключаются в следующем:

- уменьшаются непроизводительные потери удобрений за счет приближения питательных веществ к наиболее деятельной части корневых систем, перемешивание с меньшим объемом почвы;
- замедляются процессы трансформации легкодоступных форм фосфора и калия в труднодоступные для растений;
- в связи с легкодоступностью питательных веществ для растений коэффициенты использования азота и фосфора возрастают на 5-20%;

Важным резервом повышения плодородия орошаемых почв является использование местных сырьевых ресурсов и отходов промышленности. Это сапропели, прудовой ил, лигнин [7].

Особо важным резервом повышения плодородия почв является сидерация, то есть запахивание зеленой надземной массы культур (зеленое удобрение). На зеленое удобрение можно использовать люпин, горох, донник белый однолетний, вику яровую, редьку масличную, рапс озимый и яровой, рожь, овес, тригонеллу, сераделлу, горчицу белую и другие. Для обогащения почвы азотом больше пригодны бобовые культуры, а для улучшения структуры почвы и ее фитосанитарного состояния - злаковые.

В случае выявления дефицита содержания в почвах того или иного микроэлемента применяются микроудобрения: добавки минеральных удобрений, внекорневые подкормки раствором, допосевная обработка семян. Положительный результат обеспечивает внесение микроэлементов с поливной водой поскольку обеспечивает равномерное распределение по полю легкорастворимых солей меди, цинка, кобальта, молибдена и др [20].

Учитывая дефицит минеральных и органических удобрений, сложившийся в современном земледелии Украины, предлагается такая концепция их применения при орошении [7]:

- минеральные удобрения используются только под приоритетные культуры, обеспечивающие их наибольшую агрономическую и экономическую эффективность;
- дозы удобрений оптимизируются в зависимости от агрохимических показателей почв (от уровней обеспеченности подвижными питательными веществами по соответствующим фазам вегетации сельскохозяйственных культур);
- удобрения в почву вносятся эффективным способом, преимущественно локально, что обеспечивает высокую окупаемость единицы действующего вещества приростом урожая;
- дозы, сроки и способы внесения удобрений оптимизируются в зависимости от уровня удобренности предшественника (прежде всего от сроков и нормы внесения органических удобрений в севообороте);
- в первую очередь минеральные удобрения вносят на орошаемых и химически мелиорированных площадях, во вторую - на выведенных из орошения;
- на ирригационно засоленных, осолонцованных, остаточно солонцеватых и солончаковых почвах не следует применять калийных и хлорсодержащих видов минеральных удобрений.

Системы обработки почвы. Научно обоснованные системы обработки почвы должны обеспечивать сохранение плодородия орошаемых почв и защиту их от деградационных процессов при полном использовании биоклиматического потенциала зоны (накопление, сохранение и рациональное использование влаги [10]) и сохранении ресурсов. Их применение дает возможность при уменьшении затрат повышать урожайность сельскохозяйственных культур на 15-20%.

Наивысшую урожайность и продуктивность севооборота обеспечила дифференцированная обработка, при которой глубокая вспашка под пропашные культуры чередуется с безотвальной мелкой и поверхностной обработкой под промежуточные культуры, колосовые зерновые, послеукосные посевы кукурузы и подсолнечника и с «прямым» севом кукурузы на зеленый корм.

Задержание стока в полях озимых культур и многолетних трав надежно обеспечивает контурное щелевание посевов по ленточной схеме 2х140 см через 4 м на глубину 40-45 см. Оптимальные сроки проведения щелевания в полях многолетних трав - осенью до замерзания почвы, озимых - перед появлением всходов. По зяби при оптимальной плотности почвы ранние культуры можно сеять и без предпосевной культивации после боронования тяжелыми боронами. Если зябь глыбистая, весной проводят боронование пружинными боронами или обычными зубовыми.

На незасоренных полях после поздно убираемых предшественников под озимую пшеницу и яровые культуры возможен прямой посев без зяблевой обработки. Условиями для него являются хорошая структурированность почвы, низкое механическое сопротивление, высокая фильтрационная способность, биологическая активность и отсутствие корки. Заслуживает внимания также мелкая обработка почвы с применением дисковых и плоскорезных орудий и сохранением мульчи на поверхности [19].

Мелиоративная плантажная вспашка. Мелиоративная плантажная вспашка (МПВ) является одной из разновидностей окультуривания солонцовых и осолонцованных (в том числе ирригационно) почв. Это специальная обработка почвы плантажным плугом на глубину, большую глубины вскипания от 10% -ной HCl на 10-15 см. При этом мелиорирующее влияние оказывают кальциевые соединения, содержащиеся в слое 35-60 см почвы, которые распределяются в мелиорированном слое. При плантажировании перемешиваются надсолонцовый, солонцовый и часть переходного (подсолонцового) горизонтов.

МПВ, при правильном ее проведении, является одноразовым мероприятием. Это мероприятие обеспечивает коренное изменение строения профиля солонцовых почв, который не восстанавливается до исходного состояния в течение 40-50 лет последействия, значительное улучшение водно-физических, химических, физико-химических и биологических свойств. Производительность культурных растений на плантажированных солонцовых почвах в 50-ти летнем последействии остается значительно более высокой по сравнению с неплантажированными их аналогами и почвами, где применялась химическая мелиорация.

Сроки проведения МПВ - лето и осень, когда спелость почвы оптимальная, что позволяет обеспечить высокое качество вспашки. МПВ проводится в поле, назначенном на следующий год под черный или занятый пар, пропашные культуры. Рано весной его следует обработать мощными чизелями на глубину 20-25 см в 2-3 следа для выравнивания поверхности и лучшего перемешивания почвы.

Плантажирование требует обязательного внесения органических удобрений - 40-60 т / га навоза в неорошаемых условиях и 80-100 т / га при орошении. В случае дефицита навоза, он может быть заменен местными материалами - торфом, осадками сточных вод, сапропелями, отходами сахарной и пищевой промышленности [7].

Химическая мелиорация оросительных вод и почв. Химическая мелиорация оросительных вод и орошаемых почв - система мер химического воздействия на оросительные воды и орошаемые почвы с целью улучшения их качества и повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Осуществляется, как правило, путем внесения в воду или почву химических мелиорантов.

К основным приемам химической мелиорации относятся:

- физико-химические способы улучшения качества ограниченно пригодных оросительных вод (2 класс) по ДСТУ 2730: 2015. Это, прежде всего, обработка воды кальциевыми мелиорантами (гипс, мел, известь, нитрат кальция, хлорид кальция и их аналоги из отходов - фосфогипс, карбонатные шламы, шламы с комплексным составом мелиорирующих солей и т.п.);
- внесение названных мелиорантов, а также пород (лессы, красно-бурые глины и др.) в почву в сухом виде, что обусловлено экономической целесообразностью (отсутствие воды или необходимого оборудования для мелиорации воды и т.д.).

Механизм действия мелиорантов состоит в вытеснении (или создании препятствия для поступления) солонцующих катионов (прежде всего натрия) в почвенный поглощающий комплекс (ППК). Происходят позитивные изменения водно-физических, агрохимических, физико-химических, биологических и других свойств почв за счет снижения подвижности почвенных коллоидов и щелочности, улучшения микро- и макроструктуры, увеличения водоустойчивости агрегатов и водопроницаемости, что предотвращает их уплотнение, коркообразование, заплывание и набухание. Также повышается доступность для растений азота, фосфора, калия и кальция, уменьшается растворимость и подвижность гумуса, активизируются микробиологические процессы и в целом повышается продуктивность культурных растений [7].

Химическую мелиорацию орошаемых почв Украины следует проводить при следующих условиях:

- при применении ограниченно пригодных оросительных вод (2 класс) по опасности ирригационного засоления, осолонцевания и ощелачивания почв (по ДСТУ 2730: 2015);
- при орошении и промывках от солей водами любого качества, а также использовании выведенных из орошения первично и вторично засоленных, солонцовых, остаточно солонцеватых, вторично осолонцованных, декальцинированных почв;
- в первую очередь мелиорации подлежат почвы со средней и сильной степенью солонцеватости;

- мелиоранты следует вносить в почву в виде раствора или суспензии, а также локально по контурам солонцовых почв в периоды максимального проявления агрофизической солонцеватости;
- использование местных кальциевых, железо-кальциевых сернокислых мелиорантов из промышленных отходов при условии их соответствия санитарно-экологическим требованиям (токсичные вещества, содержащиеся в отходах, не должны накапливаться выше допустимых экологическими и санитарными нормами концентраций в почвах и грунтовых водах);
- выращивание на мелиорированных землях влаголюбивых, высокоурожайных и ценных культур, предпочтение соле- и солонцеустойчивым видам, сортам и гибридам.

С целью экономии ресурсов, химическую мелиорацию поливной воды целесообразно проводить только в критические периоды проявлений агрофизической солонцеватости почвы и токсичного воздействия почвенных растворов на растения: рано весной при предпосевной обработке почвы, при посеве и в первые фазы развития сельскохозяйственных культур, т.е. при влагозарядковых осенних и предпосевных весенних поливах.

Другой способ ограничения ирригационного осолонцевания почв - внесение химических мелиорантов непосредственно в почву. Наиболее приемлемые сроки внесения в почву сухих мелиорантов для культур весеннего посева - по зяблевой вспашке, поверхностно с заделкой боронами. Если осенью зябь не вспахана, то мелиоранты следует вносить сразу после весенней вспашки или в невспаханную почву перед культивациями. На посевах озимых зерновых культур и многолетних трав оптимальный срок внесения - по таломерзлой поверхности почвы в конце зимы и ранней весной (февраль-март).

Возможно также применение в качестве кальциевых мелиорантов местных известняков и дефеката (отходы соответственно камнедобывающей и сахарной промышленности). Эти мелиоранты содержат кальций в форме карбоната $CaCO_3$, который имеет слабое, но долговременное мелиорирующее действие по сравнению с фосфогипсом, поэтому их следует вносить в запас на несколько лет.

Для некоторых промышленных районов экономически целесообразным может быть использование в качестве кальциевых мелиорантов железо-кальциевых шламов – отходов металлургической промышленности. Карбонатно-кальциевые шламы при допустимом содержании в них токсичных веществ можно вносить в почву во взвешенном виде с поливной водой или после их химического разложения серной кислотой [7].

4.5.2. Фитобиологические и лесомелиоративные мероприятия

Трускавецкий Р.С., Ткач В.П. (Украина)

Фитомелиорация почв - это комплекс мероприятий ускоренного окультуривания засоленных почв путем культивирования в севооборотах растений, которые имеют соответствующие мелиорирующие свойства. Среди биологических мер по сохранению и повышению плодородия почв фитомелиорация является агроэкологически и экономически выгодным мероприятием, например, дешевле в 5-10 раз химической мелиорации.

В основе эффективности фитомелиоративных мероприятий - естественное действие растительности, которая является одним из важнейших факторов почвообразования (биологический фактор). Эффективность улучшения свойств почв усиливается в ряду: однолетние бобовые травы - многолетние злаковые травы - многолетние бобовые травы - травосмеси в севооборотах - травосмеси долговременного использования.

В меньшей степени, но также положительно влияют на почвы и озимые зерновые культуры, что обусловлено относительно плотным сложением и равномерным распространением их корневой системы. За счет подавления развития сорняков и значительного количества корневых остатков озимые по фитомелиорирующей эффективности приближаются к многолетним травам. Почвозащитная эффективность культурных растений увеличивается в следующем порядке: пропашные яровые зерновые - зернобобовые - озимые - однолетние травы - двухлетние бобовые травы - многолетние травы.

Посадка и посев устойчивых к неблагоприятным условиям растений на засоленных и солонцеватых почвах способствуют постепенному их рассолению и улучшению свойств. Фитомелиорацию целесообразно использовать совместно с агротехническими и инженерными приемами улучшения мелиоративного состояния галогенных почв.

В результате проведения межвидовой и внутривидовой селекции получены перспективные виды и экотипы, пригодные как растения-биомелиоранты на вторично засоленных почвах и в условиях орошения соленой водой. Перспективными являются следующие растения: сведа дуголистная и заостренная, лебеда серая и белая, климакоптера мясистая, бассия иссополистная, солерос травянистый, кохия веничная, лакрица, полынь солончаковая и другие.

Некоторые из солонцеустойчивых культур (белый донник) имеют мощную корневую систему, которая способна рыхлить плотный солонцовых горизонт. При разложении надземной и подземной частей растения почвы обогащаются органическим веществом и питательными веществами (азот, калий, кальций и др.). Кроме того, в этом процессе выделяется углекислота, которая способствует переводу нормальной соды в менее токсичную двууглекислую соду.

Биологический способ рассоления почвы рекомендуется применять на супесчаных или среднесуглинистых средне- и сильнозасоленных почвах, когда степень хлоридного засоления не превышает 0,6. Особенно существенным эффект посева соле- и солонцеустойчивых растений оказался при освоении под культурные пастбища малопродуктивных почв юго-востока России, Казахстана, Индии, Аргентины, в

частности пойменных засоленных землях. Фитомелиорация является экологически безопасным вспомогательным и основным мероприятием повышения плодородия солонцовых почв [11].

Почти все виды деревьев умеренного пояса не способны расти на засоленных почвах, содержащих токсичные легкорастворимые соли. Они не растут на них в естественных условиях и быстро отмирают в искусственных насаждениях. Это объясняется тем, что для многолетних древесных растений необходима большая корнедоступная зона. Насаждения погибают при залегании легкорастворимых солей даже на глубине 1.5-2.0 м. Создание относительно устойчивых лесных насаждений в районах распространения засоленных почв является сложной задачей.

Проведенные Украинским научно-исследовательским институтом лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г. Н. Высоцкого (УкрНИИЛХА) исследования выявили четкую зависимость между характером и степенью засоленности почв, с одной стороны, ростом, состоянием и долговечностью различных видов деревьев и кустарников, с другой.

Анализ и обобщение материалов, характеризующих рост древесных и кустарниковых пород на почвах различной засоленности, позволил сгруппировать их по степени устойчивости к избыточному содержанию солей:

- Солеустойчивые: тамарикс (многоветвистый, четырехтычинковый, Палласа)
- Наиболее солеустойчивые: лох узколистный, из кустарников - жимолость татарская, смородина золотистая, свидина красная;
- солевыносливые: в Лесостепи и черноземной Степи - дуб обыкновенный, груша лесная, клены полевой и татарский, вяз гладкий, вяз; из кустарников - различные виды боярышника, крушина слабительная; в сухой степи - робиния псевдоакация, гледичия, айлант, софора японская, ясень остроплодный, туя (биота) восточная; в благоприятных условиях увлажнения - тополь белый и Болле; в меньшей степени такие плодовые, как абрикос, шелковица белая, айва, алыча; из кустарников - аморфа, бирючина, желтая акация.
- Слабосолевыносливые: ясень обыкновенный, некоторые виды сосен (крымская, приморская, в меньшей степени - обычная), можжевельников (виргинский, казацкий), тополей (осина, Евроамериканская, черная, дельтовидная, некоторые гибридные формы), клен ясенелистный.
- Несолевыносливые - другие породы.

Наибольшую опасность для древесных растений составляют карбонаты ($MgCO_3$) и хлориды. Математическая обработка данных показала, что из всех признаков засоленных почв рост различных видов деревьев и кустарников коррелирует только с глубиной залегания солей в токсическом количестве, которые подавляют растительность.

В процессе изучения условий влагообеспеченности древесной растительности на засоленных почвах установлено, что влага горизонтов, которые содержат токсическое количество легкорастворимых солей, является для нее абсолютно недоступной. Влагообеспеченность насаждений ухудшается также с нарастанием солонцеватости почв и минерализации грунтовых вод. Поэтому даже хорошо увлажненные участки в условиях засоления являются физиологически сухими.

В зависимости от степени засоленности и увлажнения почв выделены следующие категории их лесопригодности: лесопригодные, ограничено лесопригодные, условно лесопригодные, пригодные для выращивания солеустойчивые кустарников, полностью нелесопригодные.

Основные агротехнические и мелиоративные приемы, которые способствуют повышению устойчивости насаждений на засоленных почвах: плантажная вспашка, редкое размещение (садовое или кулисное), подбор пород, отличающихся по солевыносливости; систематический уход за почвой и насаждениями. Гипсование, мульчирование, внесение органических и минеральных удобрений в засушливых районах существенно не улучшают лесорастительные свойства почв [12, 18].

4.6. Синергетические мелиоративные комплексы

Ромащенко М.И., Трускавецкий Р.С., Носоненко А.А.(Украина)

Синергетические мелиоративные комплексы (СМК) - усиление положительного суммарного эффекта комплекса научно обоснованных мелиоративных мероприятий, их совместного полезного действия на целенаправленное развитие мелиорированных ландшафтов. Это означает, что СМК направлены на самоорганизацию, сохранение и совершенствование механизмов саморегуляции экосистем, воспроизводства природных ресурсов.

Синергетический мелиоративный комплекс можно рассматривать как фактор когерентного гармоничного развития (коэволюции) мелиораций и ноосферного созидания, в максимальной степени устраняет экологические риски, воспроизводит продуктивный потенциал почвенно-земельных ресурсов, интегрирует и адаптирует антропогенные воздействия и действия сложных природных объектов для устойчивого (сбалансированного) социального развития. На синергетическую методологию ориентировано успешное решение проблем мелиоративного обустройства земельных территорий и «зеленой» экономики [11].

В современных условиях одной из приоритетных задач в области мелиорации является максимально возможная экономия трудовых, энергетических и материальных (в том числе водных) ресурсов при условии повышения эффективности их использования.

На неорошаемых засоленных и солонцеватых почвах следует осуществлять типизацию территории по условиям потенциальной устойчивости к процессам засоления и осолонцевания с выделением площадей с различными комплексами природных и антропогенных факторов воздействия. Развитие этих процессов в неорошаемых условиях связано в большинстве случаев с близким залеганием грунтовых вод повышенной минерализации, распространением засоленных почвообразующих и просадочных пород, неблагоприятными условиями поверхностного стока [16].

По результатам типизации выделяют четыре типа территорий:

- участки, где отсутствуют как предпосылки, так и проявления процессов засоления и осолонцевания, то есть «устойчивые» территории, не требующие применения специальных мелиоративных мероприятий;
- участки, в пределах которых потенциально возможны проявления процессов засоления и осолонцевания (потенциально неустойчивые) и на которых рекомендуются комплексы преимущественно агротехнических приемов по предупреждению данных процессов (подбор соле- и солонцеустойчивых культур, сидерация, рациональные системы удобрений и обработки почвы);
- участки, где зафиксированы проявления процессов засоления и осолонцевания в слабой и средней степени. Здесь рекомендуются комплексы агромелиоративных приемов с целью ограничения и частичного устранения данных процессов (внесение кальцийсодержащих химических мелиорантов, промывки от солей, мелиоративная плантажная вспашка). Условия и особенности применения приемов изложены в соответствующих разделах;
- территории с неудовлетворительным эколого-мелиоративным состоянием, сильной степенью проявления процессов засоления и осолонцевания. Как правило, это участки приморских и прилиманных понижений с близким к поверхности залеганием высокоминерализованных грунтовых вод. Ввиду низкого природного плодородия и высокой затратности мероприятий по его повышению, эти территории не рекомендуются для мелиоративного освоения. В некоторых случаях они могут быть использованы как заповедные территории, зоны рекреации и т. п.

Решение этой проблемы в условиях орошаемого земледелия возможно, прежде всего, через внедрение инновационных, водосберегающих режимов орошения и способов поливов. При ограниченной обеспеченности водных ресурсов наиболее приоритетными являются водосберегающие и почвозащитные режимы орошения. Почвозащитные режимы орошения рекомендуется применять при ухудшении почвенно-мелиоративного состояния орошаемого массива. Они характеризуются экономными поливными нормами, выполняют почвозащитную функцию и обеспечивают соблюдение сбалансированности природных процессов в агроценозах [13].

При развитии процессов ирригационного засоления и осолонцевания применяется комплекс агромелиоративных приемов, характеристика которых приводится в соответствующих разделах.

В современных условиях нарастания дефицита водных и энергетических ресурсов ухудшение эколого-агромелиоративных состояния орошаемых земель на значительных площадях вызывает необходимость поиска и внедрения водосберегающих мелиоративных комплексов на основе новых технологий орошения. Это будет способствовать обеспечению возможности сбалансированности мероприятий по сохранению и повышению производительности поливных угодий и рациональному использованию трудовых, водных, почвенных и энергетических ресурсов с экологической и проводольственной безопасностью. Анализ современного состояния орошаемого земледелия в Украине дает основания считать перспективными для внедрения новые водосберегающие оросительные технологии, прежде всего – капельное орошение.

Капельное орошение - наиболее распространенный в настоящее время в Украине водосберегающий способ орошения, при котором осуществляется дозированная подача воды в прикорневую зону каждого растения, с одновременным внесением макро- и микроэлементов питания растений, химических мелиорантов, средств защиты и регуляторов роста. Это приводит к существенному повышению производительности культур, экономии поливной воды, энергоресурсов, минеральных удобрений, и сводит к минимуму вредное воздействие орошения на окружающую среду.

Капельное орошение многолетних насаждений, а также пропашных полевых, кормовых и овощных культур применяется в Украине на площади около 70 000 гектаров; ежегодная потребность в строительстве новых систем за счет всех источников финансирования - около 15000 га.

Применение капельного орошения в овощном севообороте обеспечивает:

- создание оптимального водно-воздушного, теплового и питательного режимов почвы;
- возможность своевременного и качественного проведения всех агротехнических приемов;
- экономию поливной воды, по сравнению с традиционными методами орошения, в 1.5-5.0 раз;
- уменьшение затрат энергии на подачу поливной воды в 1.5-25 раза;
- экономию удобрений за счет локального их внесения с поливной водой до 30-50%;

Итак, дальнейшее развитие оросительных мелиораций в Украине должно происходить на основе внедрения почвенно-водорегулятивных и водосберегающих мелиоративных комплексов, основанных на водосберегающих оросительных режимах и новых способах орошения.

Список литературы к Главе 4

1	Андрусенко И. И. Роль севооборотов в повышении плодородия почвы. Повышение плодородия орошаемых земель. Киев. 1989. С. 42-49.
2	Бекбаев Р.К. Интегрированные методы управления водо-земельными ресурсами на ирригационных системах Казахстана (Режим доступа www.eecca-water.net/file/bekbaev)
3	Водное хозяйство и интегрированное управление водными ресурсами в странах ВЕКЦА: проблемы и решения : Сб. науч. Трудов. Ташкент. 2012. 176 сс.
4	Князевич А. О. 2009. Управління інноваційним розвитком підприємств агропромислового комплексу : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук : спец. 08.00.04 «Економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності)». Киев. 20 сс. (Управление инновационным развитием предприятий агропромышленного комплекса: Автореф. дис. на со науч. соискание степени канд. экон. наук: спец. 08.00.04 «Экономика и управление предприятиями (по видам экономической деятельности)»)
5	Коваленко А. М., Лимар А. О. Малярчук М. П., Ромащенко М. І., Сніговий В. С., Собко О. О. Сівозміни на зрошуваних землях: методичні рекомендації. Киев. 1999. 40 сс. (Севообороты на оросительных землях: методические рекомендации)
6	Коваленко П.І., Жовтоног О.І. Інтегроване управління водними та земельними ресурсами на зрошуваних системах. Вісник аграрної науки. 2005. № 11. С. 5-10. (Интегрированное управление водными и земельными ресурсами на орошаемых системах)
7	Комплекс протидеградаційних заходів на зрошуваних землях України. Рекомендації. Київ. 2012. 104 сс. (Комплекс противодеградационных мероприятий на орошаемых землях Украины. Рекомендации)

8	Ладних В.Я. Застосування комплексу заходів по боротьбі з вторинним засоленням ґрунтів приморської частини Краснознам'янської зрошувальної системи. Вісник сільськогосподарської науки. 1980. № 8. С. 53-57. (Применение комплекса мероприятий по борьбе с вторичным засолением почв приморской части Краснознаменской оросительной системы)
9	Левковська Л.В., Рижова К.І. Проблеми інноваційного розвитку водогосподарсько-меліоративного комплексу в контексті ринкових трансформацій. Науково-технічний збірник. 2012. Вып. 106. С. 96–102. (Проблемы инновационного развития водохозяйственно-мелиоративного комплекса в контексте рыночных трансформаций)
10	Малярчук М. П. Вплив ґрунтозахисних систем обробітку в сівозміні на родючість ґрунту, забур'яненість посівів та продуктивність сільськогосподарських культур. Зрошуване землеробство. 1992. Вып. 37. С. 13-19. (Влияние почвозащитных систем обработки в севообороте на плодородие почвы, засоренность посевов и продуктивность сельскохозяйственных культур)
11	Меліорація ґрунтів (систематика, перспективи, інновації). Київ, 2015.320 с. (Мелиорация почв (систематика, перспективы, инновации))
12	Мигунова Е.С. Лесонасаждения на засоленныїх почвах. М.: Лесн.пром-сть, 1978. 114 с..
13	Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України.2009. Київ.: 622 с.(Научные основы охраны и раціонального использования орошаемых земель Украины)
14	Новикова А.В., Ладных В.Я., Кривоносова Г.М. Рекомендации по промывке дождеванием в комплексе с другими приемами рассоления и повышения плодородия засоленных почв зоны Краснознаменской оросительной системы. Харьков. 1981. 14 сс.
15	Носко Б.С. (За ред.). Внесення мінеральних добрив і меліорантів з водою при дощуванні. Довідник працівника агрохімслужби. Київ. 1991. С. 100-104. (Внесение минеральных удобрений и мелиорантов с водой при дождевании. Справочник работника агрохимслужбы)
16	Ромащенко М. І., Драчинська Е. С., Кузьмінський В. В., Шевченко А. М. Типізація території ДДЗС за комплексами протидеградаційних заходів// Зрошувані землі Дунай-Дністровської зрошувальної системи: еволюція, екологія, моніторинг, охорона, родючість/ За ред. С. А. Балюка. – Харків: ПФ «Антіква», 2001. – С. 221 – 223 (Типизация территории ДДОС по комплексам противодеградационных мероприятий)
17	Сайко В.Ф., Бойко П.І. (За ред.). Сівозміни в землеробстві України. Киев. 2002. 147 сс. (Севооборот в земледелии Украины)
18	Ткач В. П. Заплавні ліси України .Харків. 1999. 368 с. (Пойменные леса Украины)
19	Ушкаренко В.А., Ушкаренко Т.П., Петрова К.В., Логвиновский А.Я. Минимизация обработки почвы при интенсивном использовании орошаемых земель юга Украины. Ресурсосберегающие системы основной обработки почвы. Москва. 1990. С. 44-50.
20	Фатеев А.И., Захарова М. А. Основы применения микроудобрений. Харьков. 2005. 102 сс.
21	Чирва Ю.А., Каленюк С.М., Жовтоног И.С., Козишкурт Н.Е. Способы рассоления орошаемых земель. Киев. 1990. 104 сс.
22	Global Water Partnership. Integrated Water Resources Management: Tac background papers № 4. Stockholm, Sweden. 2000. 68 pp (Режим доступа: *http://www.gwp.org/Global/ToolBox/Publications/Background%20papers/04%20Integrated%20Water%20Resources%20Management%20*)
23	Global Water Partnership. Water Management and Ecosystems: Living with Change. Technical Committee (TEC) Background Paper, 9. Stockholm, Sweden. 2003. 74 pp.
24	Global Water Partnership. A Handbook for Integrated Water Resources Management in Basins. Stockholm, Sweden. 2009. 103 pp.

Глава 5.
Инновационные методы и технологии мелиорации засоленных почв и агролесомелиорация маргинальных ландшафтов

5.1. Применение бесконтактного метода электромелиорации для локальной мелиорации содовых солонцов-солончаков в Армении

Саакян С.В. (Армения)

Одним из эффективных методов химической мелиорации засоленных солонцовых почв является электромелиорация, которая позволяет освоить солонцовые почвы без транспортировки большого количества мелиорантов [1, 2, 14]. Однако метод электромелиорации не нашел широкого применения в практике мелиоративных работ, что свидетельствует о недостаточной разработке методических вопросов. Анализируя проведенные работы в этом направлении, можно заключить, что основными недостатками этого метода являются: большое расстояние между электродами, применение высокого напряжения тока и применение пресных вод во время промывки.

Большое расстояние между электродами необходимо для охватывания электрическим полем больших площадей, в противном случае количество электродов значительно увеличится. С другой стороны, для реализации электролиза такая расстановка электродов потребует увеличения напряжения тока. Это приведет к большим потерям электрической энергии и снижению эффективности технологии. С другой стороны, применение пресной воды во время промывок, уменьшит значение силы электрического тока, что приведет к снижению интенсивности рассоления и увеличению продолжительности мелиорации почв.

Обобщая экспериментальные исследования, пришли к выводу, что наилучшим способом мелиорации солонцовых почв- применение бесконтактного метода электромелиорации, при котором воздействию электрического тока подвергается не почва, а промывная вода, для чего используются различные минерализованные воды или солевые растворы. Для этого необходимо разработать устройства для обработки минерализованных вод. После проведенной серии лабораторных экспериментов, были установлены оптимальные параметры обработки минерализованной воды, что позволило сделать специальный аппарат, который был применен в полевых условиях [9-10].

Опыты проводились на вторично засоленном и осолонцованном участке

площадью 0.1 га. Проводились выкорчевание кустов и выравнивание территории. Исходя из расстояния между линиями деревьев, проведена вспашка на глубину 25-30 см и шириной 1.5 м. В зависимости от расстояния между посадками, были приготовлены микроучастки площадью 1.5x1.5 м^2 и оградительные валики высотой 20-25 см. Подкисление микроучастков осуществлено с помощью аппарата обработки минерализованной воды, а промывка - обычной водой. Участок имел содово-сульфатно-хлоридный характер засоления. Содержание общей щелочности составляло 0.17-7.37 ммоль(экв)/100 г. pH почвенного раствора изменялся в пределах 8.3-9.8. Содержание обменного натрия и калия составляло (5.4-12.7 ммоль(экв)/100г). Содержание воднорастворимых солей в слое 0-50 см почвы изменялось в пределах 0.4-2.0%.

Эксперимент проводился в трех вариантах в трехкратной повторности.
- Промывка почвы без применения химического мелиоранта (контроль).
- Химическая мелиорация раствором соляной кислоты с промывкой водой.
- Химическая мелиорация подкисленной в специальном аппарате минерализованной грунтовой водой и промывка обычной водой.

Для рассолонцевания почвы расчетная норма соляной кислоты составляла в среднем 100 т/га, а для одного микроучастка 43.6 кг/2.25 м^2. Норма мелиоранта с концентрацией кислотности 50 ммоль(экв)/л, составляла 436 м^3. После кислования и промывки почв микроучастков проведена посадка деревьев.

Анализ проведенных экспериментов показал:
- Мелиорация содовых солонцов-солончаков без применения химических мелиорантов приводит к уменьшению содержания водорастворимых солей на 16.1%, а обменного натрия - на 6.5%. Однако почва осталась засоленной и осолонцованной и непригодной для выращивания сельскохозяйственных культур.
- При химической мелиорации содовых солонцов-солончаков с применением HCl, происходит рассоление и рассолонцевание почвы, и, как результат, водорастворимые соли и токсичные ионы удаляются из 1 м слоя почвы до допустимого уровня.
- С применением электро-обработанной воды с кислой реакцией, механизмы ее химического действия ничем не отличаются от варианта применения HCl. В результате этого физико-химические свойства почвы улучшаются.
- Локальная технология мелиорации почв позволяет в 10-15 раз снизить нормы химического мелиоранта и промывной воды по отношению к традиционным методам, что дает хорошую возможность внедрить ее в фермерских хозяйствах.

5.2. Инновационные технологии мелиорации и освоения засоленных почв в Казахстане

Сапаров А.С, Кан В. М. (Казахстан)

5.2.1. Дифференцированная система технологий мелиорации засоленных почв для рисовых полей

Для мелиорации засоленных почв рисовых полей на юге и юге-востоке Казахстана учеными НИИ почвоведения и агрохимии имени У.У.Успанова разработана новая дифференцированная система технологий, позволяющая без предварительной промывки в первый же год получать оптимальный урожай.

В зависимости от степени и химизма засоления почв и от вида возделываемых культур технология мелиорации засоленных почв для рисовых полей **НТОЗ – 1,2,3,4** имеет ряд модификаций. Технологии «НТОЗ-1,2» были внедрены в 1980 годы на площади более 100 тыс. га в Казахстане и Узбекистане. Эти варианты технологии прошли испытания на Украине, РФ, КНДР и КНР. В последние годы разработаны «НТОЗ-3,4», которые начали использовать рисоводы Карательского массива Алматинской области и Казалинского массива Кзылординской области.

Предлагаемые технологии коренным образом отличаются от существующих во всем мире технологий мелиорации почв и позволяют выращивать рис на засоленных почвах с получением оптимального урожая в первый же год освоения [3] . Таким образом, они экономически выгодны и экологически безопасны.

Технология «НТОЗ-1» предназначена для мелиорации сильнозасоленных почв среднего гранулометрического состава. Ядром технологии является применение принципиально новых малообъемных мелиорантов, действия которых усиливаются за счет синергического эффекта от органических добавок (рисовая солома), особенностей водного режима, системы обработки почвы и системы удобрений. Внесение мелиорантов производится один раз в 7-10 лет. НТОЗ-1 разрабатывалась для двух стадий освоения земель под рисосеяние: а) ранее освоенные сильносолонцеватые сильнозасоленные почвы, б) целинные и подверженные вторичному засолению почвы.

Технология «НТОЗ-2» предназначена для повышения плодородия средне- и слабозасоленных почв, и продуктивности культуры риса на незасоленных почвах. Использование НТОЗ-2 обеспечивает повышение урожайности риса до 15-20 % посредством запашки измельченной соломы до 3 т/га и предпосевной обработки семян (ПОС) риса 40 % раствором ПФХМ в течение 1 часа, а срок посева не ограничен во времени. ПОС осуществляется на специальных установках, конструкция была испытана и в полном объёме была использованы для орошения земель в Каратальском, Акдалинском и Казалинском массивах, в Фергане и в 24 хозяйствах Каракалпакстана в Республике Узбекистан.

Технология «НТОЗ-3» предназначена для освоения засоленных почв тяжелого гранулометрического состава (ТМС) под культуру риса. Общеизвестно, что незасоленные почвы тяжелого механического состава являются самыми

лучшими для возделывания культуры риса. Они обладают сравнительно высоким потенциальным плодородием и наименьшей фильтрацией воды из чеков, что способствует максимальной аккумуляции естественных питательных элементов и органических веществ. С целью улучшения свойств засоленных почв тяжелого гранулометрический состав используется комплекс химических средств - ВХВ, ПА, ПФМ. Эта технология для ТМС включает следующие меры: ранняя весенняя вспашка на глубину 20-22 см с одновременным дискованием. Затем последовательное молование и внесение минеральных удобрений N-500кг/га, P_2O_5-240 кг/га, а также ВХВ-5 т/га в туках. Затем посев семян риса, обработанных 2.7 %-ным раствором препарата-адаптогена, при расходе жидкости 20-25 л/т, и томлении в течении 30-120 минут. Процесс завершается внесением ПФХМ в дозе 200 кг/га поверхностно на посевы семян риса (НТОЗ-3). Затопление рисовых чеков производится до полного насыщения, а режим орошения осуществляется по укороченному типу.

Технология НТОЗ-4 предназначена для освоения засоленных почв легкого механического состава (ЛМС) под культуру риса. Почвы легкого механического состава под затоплением имеют свои особенности, связанные с высокой инфильтрацией водного потока. Эти почвы широко распространены в Республике и занимают значительные площади в бассейнах р. Сырдарьи – 30%, р. Или – 35%, р. Каратала – 40%. В настоящее время большая часть этих почв подвергнута процессам вторичного засоления. Технология освоения ЛМС осуществляется на фоне общепринятой весенней подготовки рисовых чеков (пахота, дискование, молование, внесение удобрений). Затем перед посевом семян риса на поверхности почвы разбрасывается измельченная до рассыпчатого состояния БГ в дозе 10 т/га. Предпосевная обработка семян с препаратом адаптогеном, внесение ПФХМ, способ затопления рисовых чеков и режим орошения анологичны технологии ТМС (НТОЗ-3) [3, 5].

Рамка 1. Краткое описание химических мелиорантов - ВХВ, ПА, ПФМ

ВХВ - высокоатомное химическое вещество. Это хорошо гидролизуемое средство, вносимое в затопляемую почву, образует гидрозакись железа и серную кислоту. Последняя нейтрализует карбонатную щелочность, состоящую из углекислого и двууглекислого натрия. В результате образуется сернокислый натрий (Na_2SO_4), который совместно с остальными растворимыми солями легко выносится промывными водами.

ПА - препарат адаптоген, синтезированный А.Г. Мамоновым (2008) из бурых углей марки Б3 месторождений Ой-Карагай и Киякты, дикорастущих лекарственных растений Казахстана и других веществ специального ингредиентного состава. Механизм воздействия препарата на растения, полученный экспериментальным способом, по мнению автора, заключается в повышении биоэнергетики семян и растений в период раннего развития в 2-3 раза по сравнению с контролем.

ПХМ - полифункциональный химический мелиорант является ядром разработанной методики освоения засоленных почв тяжелого и легкого механического состава рисовых полей, который используется против борного токсикоза, снижения щелочности почвенного раствора и щелочеобразующей способности микроорганизмов оросительных вод, а также верхних горизонтов почв рисовых полей.

При этом по обоим вариантам освоения (ТМС и ЛМС) исключается промывка или выпуск воды из чеков в течение всего вегетационного периода риса. После массового кущения риса допускается использование для орошения дренажных вод. При правильном применении рекомендуемых технологий (НТОЗ-3 и НТОЗ-4) созревание риса наступает на 8-12 дней раньше обычных сроков.
Использование вышеуказанных технологий мелиорации засоленных почв представляет значительные агрономические и экономические выгоды и преимущества.

5.2.2. Наноагроприемы повышения урожайности кукурузы на низкоплодородных и засоленных почвах

Характеристика разработки: Препараты-адаптогены получают из бурого угля месторождений «Ой-Карагай» и «Киякты» в Казахстане. Малообъемные препараты по сравнению с конкурентами применяются в очень малых дозах. Препарат для обработки семян С-1-1 (0.8% раствор - расход 8 грамм на 1 га) и препарат для опрыскивания вегетирующих органов - адаптоген ПА-2-1 (0.04% раствор, расход 120 грамм на 1 га).

Эффект: Препараты адаптогены повышают энергию прорастания и всхожесть семян, устойчивость растений к болезням и экстремальным условиям среды, способствуют усиленному росту корней и надземной части растений, ускоряют созревание зерновых культур на 7-16 суток.

Применение новых препаратов в сельском хозяйстве повышает продуктивность сельскохозяйственных культур от 30-70%. Гуминовые препараты-адаптогены не являются источником минерального питания и не заменяют его, а лишь повышают коэффициенты использования питательных веществ из почв и вносимых удобрений. Поэтому применять их надо в смеси с минеральными удобрениями или на их фоне.

Возможные сферы внедрения: Возможно внедрение разработки при возделывании кукурузы в Алматинской, Жамбылской и Южно-Казахстанской области.

5.2.3. Инновационные технологии мелиорации при освоении содово-засоленных солонцовых почв под зеленые лесные насаждения

Инновационный способ мелиорации и освоения содово-засоленных солонцовых почв, разработанный Казахским НИИ почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова, основывается на применении комбинации промышленных отходов предприятий г. Астаны и Караганды. Сюда входят отходы Степногорского химического завода (фосфогипс) и отходы ТЭЦ г. Астаны и Караганды (зола – продукт мелкодисперсного сгорания угля). Перспективность их применения обусловлена низкими экономическими затратами (перевозка, измельчение, фракционирование) и содержанием в своем составе элементов питания (фосфор, кальций, калий, азотистые вещества и микроэлементы). Запасы промышленных отходов в Казахстане практически не ограничены для мелиоративных целей, ибо они ежегодно возобновляются.

Мелиорация содово-засоленных солонцовых почв. Производственные

опыты производились на экспериментальном участке (ЭПУ-2012). В задачу производственных опытов входило изучение влияния комплекса агромелиоративных мероприятий и комбинации химических мелиорантов на коренное улучшение солонцовых почв в условиях проведения мероприятий по влагонакоплению осадков зимнего, весеннего, летнего периодов [3, 5]. Опыты были заложены на содово-засоленных луговых солонцах площадью 0.15 га. Площадь делянок 150 м^2. Повторность 3-х кратная. Испытывались следующие варианты определения эффективности комбинации химических мелиорантов:
1. Контроль.
2. Фосфогипс, 30 т/га + зола, 15 т/га (50% мелиоративной нормы)
3. Фосфогипс, 60 т/га + зола, 30 т/га (100%).
В расчеты фактической нормы фосфогипса внесены понижающие поправки на влажность, тонину помола и ветровую деятельность (свыше 6 м/сек) – вынос мелиорантов до 30%. В схему опытов также заложены варианты агротехнической обработки почв.

Физико-химическая сущность и эффективность технологии. Изобретение относится к химизации сельского хозяйства в условиях орошаемого земледелия, в частности к мелиорации содово-засоленных солонцовых почв аридных регионов. Известны различные способы мелиорации содовых солонцов, например, путем кислования серной кислотой с последующей промывкой почв. Кислование, обладая высокой степенью химического воздействия, имеет ряд недостатков: большие дозы минеральных кислот и нормы промывных вод, токсичность технологического процесса, корродируемость металлов, минерализация органического вещества и ингибирование микробиологического процесса. Известен и широко применяется на практике метод гипсования содовых солонцов, включающий планировку, внесение на поверхность гипса или фосфогипса, перемешивание почвы глубокой безотвальной вспашкой, с последующим проведением капитальных промывок на фоне дренажа и возделывания с/х культур.

Обработка семян и древесных культур модифицированными биоорганическим удобрением «Гуми-К»
Для повышения приживаемости сеянцев лесных культур на мелиорированных почвах ЭПУ-2012 и в лесопитомнике использованы различные биоорганические удобрения, позволяющие повысить качество посадочного лесного материала, получить экологически чистую продукцию. При этом запустить механизм воспроизводства плодородия почв и повысить приживаемость сеянцев лесных культур (в пределах 90% в Казахстане). На сеянцах древесных и кустарниковых пород применены биоорганические удобрения, использованы фитогормоны растений и стимуляторы нового поколения Гуми-К Института почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова, фитогормоны академика Гильманова, японский препарат Александес [4]. В 2012 году на лесопитомнике «Ак кайын» были обработаны кусты смородины золотистой ростовыми биопрепаратами: «Гуми-К+Вермичай», «Нанобиостимулятор академика Гильманова» и «Алинсандес».

Рекомендации

1 Высокое содержание щелочных солей в солонцах ЭПУ-2012 с содержанием обменного натрия 40-70% требует для мелиорации высоких доз фосфогипса и золы.

2. Содержание обменного натрия сокращается с 40-70% до 2-8% от ЕКО при внесении полной дозы мелиорантов. При мелиорации половинной нормой нейтрализация нестабильна и величина обменного натрия составляет 10-45%, а реакция обмена на Са в ППК в вариантах колеблется в широких пределах.

3. Освоение мелиорированных солонцовых почв связано с оптимизацией режимов питания лесных культур. Эффект применения модифицированного жидкого биоорганического удобрения «Гуми-К» обусловлен увеличением численности аммонификаторов, повышением содержания азота и гумуса, ростом количества олиготрофов, т.е. оптимизацией азотного баланса за счет свободноживущих аэробных азотфиксирующих микроорганизмов.

4. При внесении раствора биоорганических удобрений в почву за счет активной жизнедеятельности доминирующей анаэробной составляющей микробного сообщества происходит улучшение питания, что было показано при выращивании многих лесных растений при применении органической подкормки «Гуми-К».

5.3. Система точного земледелия на засоленных и солонцовых почвах

Медведев В.В., Носоненко А.А. (Украина)

Точное земледелие (Precise Farming, Precise Agriculture) – осуществление технологических приемов и технических средств возделывания сельскохозяйственных культур с учетом пространственной неоднородности поля.

Неоднородность почв - важная производственная проблема. Неоднородность предопределяет неодинаковость в пространстве поля свойств почв, обеспеченности растений элементами питания, режимов влаги и тепла. Вследствие неоднородности плодородие почв отдельных частей поля неодинаково. Из-за разного увлажнения повышенных и пониженных участков практически невозможно осуществить качественную предпосевную обработку на всем пространстве поля, высеять семена на одинаковую глубину. Из-за этого всходят семена недружно и появляются различия в фенологическом состоянии растений, которые сохраняются вплоть до уборки урожая.

Среди причин неоднородности в первую очередь должна быть упомянута неоднородность почвообразующих пород. Ведь подстилающая порода в силу различий гранулометрического, химико-минералогического состава и физических свойств уже является гетерогенной, неоднородной. Причем ее неоднородность выражена как по вертикали в виде сменяющих друг друга различных слоев – разновозрастных отожений, так и по горизонтали. Почва наследует от почвообразующей породы признаки засоления (как это, например, прослеживается в Приднепровье, где соляные купола создают специфическую мозаику засоления почв). То же можно сказать об оглеенности почв, которая чаще всего (исключая псевдооглеенность) бывает следствием переувлажнения подстилающей породы.

В условиях применения гидротехнических оросительных мероприятий значительно усиливается пестрота почвенного покрова вследствие воздействия дополнительных факторов, изменяющихся во времени и в пространстве. Отмечаются разнообразные изменения почвенного покрова – вторичные явления засоления и осолонцевания, переуплотнения и дезагрегации, подъема грунтовых вод. Так, пятна засоления, заболачивания и подтопления повсеместно наблюдаются в поймах степных рек, на отдельных их участках – активные процессы карстообразования, суффозии. На более высоких гипсометрических уровнях, особенно на фоне повышенной минерализации грунтовых вод усиливаются локальные проявления ухудшения эколого-мелиоративного состояния почв, на склонах проявляются сдвиговые процессы. В пределах бессточных территорий – поды, просадки и прочее.

По данным Ф. И. Козловского [6], после 20-25 лет орошения почва претерпевает сложную пространственную эволюцию микрорельефа и свойств. Исходный микрорельеф полностью исчезает, в результате подъема грунтовых вод отмечается гумидизация ландшафта, фильтрационное выщелачивание, просадочное уплотнение.

Трансформация пространственных особенностей засоленных и солонцеватых почв столь очевидна, что должна быть обязательно учтена в их использовании (стратегия точного земледелия здесь предпочтительна), а также в их охране и улучшении. Предстоит уточнить роль некоторых негативных процессов, содействующих неоднородности,–ирригационной эрозии, просадочности в связи с выщелачиванием солей, галогенизации, консолидации (слитизации, цементации), заболачивания в приканальных зонах. Также требуется уточнить роль планировки поверхности, которая, по некоторым данным [7], не уменьшает, а увеличивает неоднородность, и содействует стриальности (изменению структуры почвенного покрова на небольших расстояниях от каналов по мере понижения купола ирригационно-грунтовых вод).

В целом орошение вследствие значительного воздействия на факторы почвообразования приводит к формированию новых типов антропогенно преобразованных пространственных структур почвенного покрова.

Усложнение структуры почвенного покрова длительно мелиорированных земель, многочисленные и разнообразные проявления неоднородности, конечно, требуют дифференцированного применения не только агротехнологических, но и почвоулучшающих мер. Имеющаяся информация [8] показывает, что на орошаемых черноземах обыкновенных Донецкой области в условиях точного земледелия предпочтение нужно отдать мерам, направленным на преодоление повышенной щелочности почв, а в вопросах питания растений – оптимизацию азотного удобрения. В этих опытах исследовалось, какие именно показатели существенно влияют на продуктивность ячменя и капусты и являются существенными элементами почвенного плодородия. Были определены коэффициенты корреляции между урожайностью зерна ячменя и кочанов капусты (ц/га) и различными свойствами почвы в 40 точках поля.

За основу был взят перечень диагностических критериев деградации черноземов, как представляющих первоочередной интерес с точки зрения мелиоративного почвоведения. В перечень вошли:

- содержание токсичных водорастворимых солей, эквивалентов хлора (0-50 см);
- отношение Ca: Na в водной вытяжке (0-50 см);
- pH водный (0-25 см);
- содержание поглощенных натрия и калия,% от суммы катионов (0-25 см);
- содержание общего гумуса,% (0-25 см);
- суммарное содержание нитратного и аммиачного азота, мг / 100 г почвы (0-25 см);
- содержание подвижного P_2O_5 по Чирикову, мг / 100 г почвы (0-25 см);
- содержание подвижного K_2O по Чирикову, мг / 100 г почвы (0-25 см);

Была обнаружена сильная степень корреляции между следующими показателями:

а) урожайность зерна ячменя (2001) - содержание N-NH4 и N-NO3, мг/100 г почвы, коэффициент корреляции r = 0.71;

б) урожайность кочанов капусты (2002) x - pH водный; r = -0,59;

в) урожайность зерна ячменя (2003) x - содержание N-NH4 и N-NO3, мг / 100 г почвы, r = 0.71

Средняя степень корреляции обнаружена между урожайностью зерна ячменя 2001 и pH водным (r = -0.36). Остальные изучавшиеся свойства влияли на урожайность культур в слабой степени, коэффициенты корреляции приближались к нулю.

Таким образом, на черноземах обыкновенных различной степени ирригационной солонцеватости почвенными показателями, пространственная изменчивость которых в наибольшей степени влияет на производительность культур, являются содержание минерального азота и pH водный в пахотном слое. В условиях применения систем точного земледелия (СТЗ), очевидно, первоочередное внимание следует уделять оптимизации азотного питания и борьбе с избыточной щелочностью почвенного раствора. В этом случае может быть целесообразной дифференциация в пределах поля внесения азотных, а также физиологически и химически кислых минеральных и органических удобрений и мелиорантов. При этом следует иметь в виду, что временная вариабельность этих почвенных свойств (особенно содержания азота) тоже достаточно высока, что потребует в течение вегетационного периода соответствующего мониторинга как составной части СТЗ [8].

Для реализации технологии точного земледелия необходимо проводить обследование поля в отношении неоднородности физических, физико-химических и агрохимических индикаторных свойств почв. Геостатистическая компьютерная обработка полученного аналитического материала проводится с целью выделения на поле 3-х типов участков с различным уровнем плодородия: (i) оптимальное или близкое к нему - нет необходимости обработки и внесения агрохимикатов; (ii) среднее - необходимо применение зональных технологий, и (iii) пониженное – соответственно более сложные мероприятия.

По данным полевых исследований ННЦ ИПА (2012 – 2015) установлено, что для условий Сухой Степи нормированное применение химической мелиорации (внесения гипса) и азотного удобрения (аммиачная селитра) на залежной темно-

каштановой остаточно слабосолонцеватой почве оказывает положительное влияние на продуктивность озимой пшеницы и сорго. Полученные результаты открывают перспективу и возможности по экономии около 60% кальциевых мелиорантов и 30% азотных удобрений для применения на солонцеватых почвах Сухой Степи [8].

Для практической реализации точной технологии необходимо приобретение технических средств, способных выполнять картографические директивы по дифференцированию обработки, внесению удобрений и химмелиорантов. В результате реализации этих средств фермерское хозяйство овладеет принципиально новой ресурсосберегающей, почвозащитной, инновационной и конкурентноспособной технологией, которая будет оказывать содействие технологической перестройке и наращиванию экономического потенциала хозяйства. По данным западноевропейской практики и агрохолдинга «Дружба-Нова» в Черниговской области, для внедрения точного земледелия нужны одноразовые затраты в размере 100-150 тыс. долларов US для приобретения технических средств, с окупаемостью в 1-3 года (в зависимости от внедряемой площади). Вследствие реализации проекта страна получит возможность организовать на базе хозяйства образцовый объект для демонстрации перспектив точного земледелия, которое распространяется в передовых аграрных странах и постепенно заменяет традиционное зональное земледелие.

5.4. Технологии биоземледелия и подходы к управлениию засоленных агроландшафтов в условиях аридного климата (на примере Центральной Азии и Закавказья)

Тодерич К.Н. (ОАЭ), Шоаиб И. (ОАЭ), Хушаназаров Т.М. (Япония), Хасанханова Г.М. (Узбекистан)

Арало–каспийская низменность из-за резкого континентального засушливого климата, сталкивается с серьезной проблемой производства достаточного количества продуктов питания для удовлетворения потребностей быстрорастущего местного населения. Ситуация также усугубляется увеличением площадей деградированных земель за счет засоления и снижения плодородия почв в совокупности с применением нерациональных практик возделывания таких монокультур, как пшеница и хлопок. Интенсивное использование водных и земельных ресурсов, избыток полива, перевыпас, вырубка древесно-кустарниковых видов растений на топливо приводят к тому, что плодородные земли становятся непригодными для орошаемого земледелия и оазисного пустынно-пастбищного кормопроизводства и животноводства [11-13,16,17]. Ежегодные потери из-за засоления почвы были оценены в 31 млн. долларов США, в то время, как вывод засоленных земель из сельскохозяйственного производства составляет более $ 12 млн в год. Нехватка оросительной пресной воды диктует необходимость использования в орошении минерализованной воды низкого качества. Это, в свою очередь, негативно влияет на сельскохозяйственное производство, что в дальнейшем может нарушить хрупкий баланс культур, учитывая, что большинство из традиционных культур являются чувствительными к засолению.

В связи с этим, особое значение приобретает развитие альтернативных систем производства сельскохозяйственной продукции, которые способствовали бы мобилизации имеющихся маргинальных ресурсов в регионе, таким образом, чтобы это приносило экономическую выгоду местным фермерам и животноводам, и в то же время не наносило вред окружающей среде.

Система биологической мелиорации улучшает состояние земель, повышая их плодородие, а также обеспечивает производство высокопитательных и энергонасыщенных кормов на засоленных, по существу бросовых землях, позволяет вовлечь их в сельскохозяйственный оборот при одновременном улучшении состояния и функционирования агроэкосистем.

Международным центром по развитию сельского хозяйства на засоленных землях Центральной Азии и Закавказья (ИКБА-ЦАЗ) были разработаны и успешно внедрены в систему сельского хозяйства, пустынно-пастбищного аридного кормопроизводства и животноводства технологии биоземледелия (biosaline technologies), направленные на освоение засоленных почв и повышение продуктивности деградированных агроландшафтов.

Технология 1. Диверсификация сельскохозяйственных солеустойчивых культур, методы повышения продуктивности растениеводства, животноводства и жизненного уровня фермеров.

Диверсификация сельскохозяйственных культур посредством внедрения и интеграции различных сельскохозяйственных практик на засоленных и деградированных землях способствует повышению производительности сельскохозяйственной продукции, что позволяет значительно повышать доход фермеров. Программой ИКБА-ЦАЗ в рамках многих национальных и региональных проектов показано, что мобилизация и внедрение в культуру высокоурожайных, соле-, засухо- и морозоустойчивых видов зерновых, зернобобовых, технических и других культур, является достаточно эффективным способом улучшения мелиоративных свойств засоленных почв и повышения их продуктивности. Фермеры также заинтересованы в диверсификации новых культур на маргинальных землях ввиду их высокой устойчивости к вредителям, засухе и засолению как почвы, так и воды.

Наилучшие результаты на маргинальных землях показали сорго, африканское просо, тритикале, кунжут, киноа, амарант, топинамбур, артишок, горох, маш, лебеда, виды кохии в чистых или смешанных посевах в виде основной или повторной культуры после уборки пшеницы, в системе рисовых или хлопковых севооборотов. Выращивание данных культур на опытных участках фермерских и животноводческих хозяйств Узбекистана, Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана и Азербайджана показало высокую пищевую ценность, продуктивность зеленой биомассы и урожайность семян при их возделывании на глинистых и солончаковых песчаных и супесчаных почвах со средним или высоким уровнем засоления, при котором производство пшеницы и хлопка является коммерчески неприбыльным.

Кроме того, многие нетрадиционные культуры приспособлены к орошению минерализированной водой. Наиболее приемлемыми по химическому составу являются оросительные воды сульфатного, гидрокарбонатного и магниево-кальциевого состава. Содержание карбоната кальция и гипса благоприятно сказывается на химическом составе почв, орошаемых минерализованными водами, в том числе дренажные воды (EC = 2.2 dS/m, SAR = 4.8; pH = 7.7-8.3).

Лучшими почвами для использования коллекторно-дренажных вод являются пески и почвы лёгкого механического состава с высокой фильтрационной способностью и низкой ёмкостью поглощения.

- ***орошение и полив без разбавления пресной водой на лёгких почвах:*** минерализация – до 5 г/л с учётом солеустойчивости сельскохозяйственных нетрадиционных культур. При этом каждый полив должен быть промывным, а норма отвода дренированных вод от водозабора – не менее 50–80%. Каждые 2-3 года почвы промываются пресной водой;
- ***орошение и полив с разбавлением пресной водой*** на суглинистых и более тяжёлых почвах;
- ***промывка солончаков и засолённых почв:*** минерализация – до 6 г/л. Воды с минерализацией до 4 г/л можно использовать при промывке почвы в сочетании с орошением риса.

При промывке солончаков необходимо выбирать земли преимущественно лёгкого механического состава.

При правильном внедрении и селекционном отборе нетрадиционные солеустойчивые культуры, такие как африканское просо (Pennisetum glaucum) и сорго (Sorghum bicolor), могут стать надежным подножным и страховым запасами кормов для животноводства, особенно в регионах с высоким уровнем засоления почв и наличием минерализованной воды. В Центральном Кызылкуме и Сурхандарьинской области (Узбекистан), Хатлонской области (Таджикистан) ранний посев многих, перечисленных выше культур (посеянных в конце февраля при температуре почвы +5-10^{0}C) позволил получить 2-3 урожая зеленой кормовой массы и полноценные семена до наступления жары.

Наиболее перспективными кормовыми, зерновыми и энергетическими культурами многоцелевого значения являются виды и улучшенные генетические линии сорго из ИКБА, которые образуют в пределах 70.27-97.8 тонн/га зеленой кормовой биомассы за один вегетационный сезон с выходом сока 71.1-78.0% и сахаристостью 5.7-13%, что обеспечивает выход сахара, в пересчете на гектар, - 1.7-5.7 т/га.

Африканское просо является экономически выгодной альтернативной, а зачастую и повторной зерновой культурой для освоения маргинальных засоленных земель, которая способна привести к сокращению практики летнего пара путем увеличения практики землепользования, повышению биоразнообразия и повышению плодородия почв. На основе экспериментов, проведенных Узбекским научно-исследовательским центром сельского хозяйства на станции по выращиванию

кукурузы при поддержке ИКБА в 2012 г. был создан новый перспективный сорт просо «Хашаки 1». Сорт «Хашаки 1» был признан перспективным соле-, засухо- и жароустойчивым сортом двойного значения (на корм и зерно) в контексте различных почвенно-климатических условий. Фермеры проявили интерес к данному сорту в целях производства кормов (зеленая биомасса и силос) в совмещении с кукурузой и бобовыми (Рисунок 5.4.1).



Рисунок 5.4.1. Региональная сеть по семенному размножению сорго и просо (Баявут, Узбекистан, 2014).

Как показали наши исследования, на слабозасоленных почвах Сырдарьинской области было отмечено некоторое стимулирующее влияние на увеличение высоты растений гибридов кукурузы и африканского просо, незначительное сокращение длины вегетационного периода и повышение урожайности зеленой массы и сухих веществ по сравнению с незасоленными почвами Ташкентской области (Таблица 5.4.1). Более жесткие климатические условия и тип засоления Республики Каракалпакстан оказали угнетающее влияние на урожай кукурузы. Однако увеличение зсоления почвы и оросительной воды незначительно повлияли на рост растений и накопление урожая зеленой биомассы африканского проса.

Таблица 5.4.1. Высота растений длина вегетации, урожайность сорговых культур и африканского проса на почвах с разной степенью засоления

Культура	Наименование местного сорта	Высота растений, (см)	Срок вегетации (дни)	Урожай, т/га	
				Зелёной массы	Сухих веществ
Незасоленные почвы (Ташкент)					
Сорго	Корабош	259.7	103	51.09	13.10
	Карлик Узбекистана	162.8	127	71.33	17.43
Африканское просо	Хашаки 1	209.1	86	72.53	21.97
Слабозасоленные почвы (Сырдарья)					
Сорго	Корабош	239.7	94	78.63	20.30
	Карлик Узбекистана	161.4	117	65.19	19.46
Африканское просо	Хашаки 1	201.4	80	70.71	18.30
Слабозасоленные почвы (Каракалпакстан)					
Сорго	Корабош	181.0	92	32.53	9.28
	Карлик Узбекистана	112.5	118	32.25	10.15
Африканское просо	Хашаки 1	182.5	81	44.86	14.78
Среднезасоленные почвы (Каракалпакстан)					
Сорго	Корабош	177.0	96	23.51	6.47
	Карлик Узбекистана	88.5	122	18.42	6.21
Африканское просо	Хашаки 1	178.5	82	36.08	8.08

Источник: Тодерич К. и др. , Ташкент, 2015 [11]

Урожайность зеленой массы кукурузы на слабозасоленных почвах Республики Каракалпакстан в сравнении с почвами Сырдарьинской области понизилась почти в 2.0-2.1 раза, а на среднезасоленных – в 4.7-5.1 раза. Порог солеустойчивости африканского проса и возможности получения стабильных урожаев у африканского проса на 2.5-3.0 раза выше, чем у кукурузы и однолетних зернобобовых культур. Такие показатели местного сорта африканского проса Хашаки 1 как относительные темпы роста, биомасса (свежая и сухая) превышают показатели местных сортов просо (Pannicum) в 2.0 – 2.5 раза. Объем сухого вещества при выращивании сорго и африканского проса на деградированных землях примерно на 30% выше показателей местных сортов, а урожай семян выше на 25%.

Культуры африканского проса и сорго рекомендуется использовать в качестве основной культуры в начале весны, или в качестве повторной культуры (в системе ротации) после уборки урожая пшеницы или риса.

Фермерские и животноводческие хозяйства заинтересованы во внедрении и производстве семян сорго и африканского проса в системе сельского хозяйства на маргинальных землях. Подробная информация на:

https://www.youtube.com/watch?v=2e6avQVTrVw&feature=youtu.be

Киноя (*Chenopodium quinoa* Willd.), как многоцелевая агропромышленная соле- и засухоустойчивая культура

В рамках проекта ИКБА «Региональное партнерство с целью повышения продовольственной безопасности и продуктов питания в неблагоприятных условиях Центральной Азии» проводятся работы по испытанию мировой коллекции и созданию региональных и национальных питомников размножения, селекции, агротехнологии и семеноводства кинои (Chenopodium quinoa).

Киноя, как соле-, засухоустойчивое растение перспективно в качестве альтернативной продовольственной и кормовой культуры, способной произрастать на низкопродуктивных почвах аридной и полуаридной зон в Кыргызстане, Узбекистане, Таджикистане и Азербайджане.

Зерна кинои не содержат глютена, очень питательны, богаты белком (11-18%) и характеризуются высоким разнообразием насыщенных аминокислот, жиров, микро- и макроэлементов. Урожай семян в зависимости от агроэкологической зоны выращивания кинои варьирует от 3.8 т/га (в Каракалпакстане) до 5.1 т/га (на юге Таджикистана и предгорных районах Иссык-Кульской области). Семена могут быть использованы в пище, для диверсификации диет детей, улучшении качества питания. Сапонины и другие побочные продукты из семян кинои используются в косметических и фармацевтических целях.

Богатой питательными веществами частью растения являются листья, которые содержат 8.75-10.85% протеина и небольшое количество клетчатки 7.68-8.90%. Количество углеводов содержится больше в соцветиях 95.84-92.73%. Надземная биомасса и отходы после уборки семян предназначены на корм скоту.

В регионе наблюдается большой интерес со стороны фермерских, домашних хозяйств и частного сектора, систем ресторанов в производстве и обеспечении семенами кинои (Рисунок 5.4.2).

https://www.youtube.com/watch?v=Dwr7XxzBLjI



Рисунок 5.4.2. История успеха по продвижению сортов кинои в Узбекистане (июль, 2015)

Технология 2. Использование галофитов для повышения продуктивности маргинальных земель в условиях аридного климата и дефицита поливной пресной воды

Галофиты – солелюбивые растения, которые хорошо развиваются на засоленных почвах и при поливе соленой водой. Они поглощают соль и не наносят ущерб почве. Во флоре Центральной Азии представлено более 760 видов галофитов. Эти недоиспользованные фиторесурсы малоизвестны и не нашли широкого применения в системе сельского хозяйства, медицины и экономики страны. Одни галофиты являются хорошей пищей для людей, а также животных, другие представляют интерес для промышленности как возобновляемые источники биоэнергии. Восстановление засоленных земель вблизи искусственных озер в районах бассейна Аральского моря с использованием галофитов будет способствовать повышению уровня экономики прилегающих районов.

Галофиты могут использоваться для рассоления и фитомелиорации почв, поскольку многие из них способны накапливать соли в надземной биомассе, вытягивая их из почвы или орошаемой воды. Время рассоления земель примерно 3-5 лет, и 6-7 лет при очень высокой степени засоленности. В результате данных мероприятий эти земли могут быть использованы для выращивания традиционных сельскохозяйственных культур.

Полевые работы были направлены на оценку потенциала галофитных растений как экономического ресурса - продуктов питания для местного населения, кормов для животных, биотоплива, а также поддержания или восстановления сельскохозяйственного производства обычных культур на сильно засоленных почвах.

Рассоляющий эффект галофитов складывается из следующих элементов. В метровом слое почвы на сильнозасоленных среднесуглинистых почвах полупустынь содержание солей составляет 48 т/га. При фитомассе надземной части 18 - 20 т/га галофиты выносят из почвы 8 - 10 т солей с 1 га в год. Затеняя почву, галофиты препятствуют испарению и связанному с ним подтягиванию солей в верхний слой почвы. Эффект зеленой мульчи составляет 2.5 т/га солей. В итоге, на участке, занятом насаждениями галофитов, процесс выноса солей из почвы достигает 10 – 12.5 тонн в год (*http://www.cac-program.org/video/play/9*)

Перспективным биомелиорантом для эффективного освоения засоленных орошаемых земель оказалась также солодка голая, являющаяся одновременно ценной лекарственной и кормовой культурой. В условиях Сырдарьинской области и в Центральном Кызылкуме на засоленных орошаемых землях с близким залеганием грунтовых вод солодка дает с 1 гектара 6 - 8 т сена и 8 - 10 т солодкового корня - ценного сырья для фармацевтической и пищевой промышленности. После выкапывания корней (через 5 лет) орошаемые земли могут быть использованы под менее солеустойчивые культуры, такие как подсолнечник, ячмень, тритикале и др.

Аналогичный эффект рассоления почвы Карнабчульской полынно-эфемеровой пустыни получен при выращивании многолетних видов атриплекса, которые, являясь прекрасным кормом для животных, образуют густые заросли на засоленных почвах, способствуют восстановлению дикой растительности, улучшению мелиоративных свойств почв. Виды атриплекса показали хорошие результаты при освоении гипсоносных и щелочных почв Юго-Западного Казахстана. Многие виды атриплекса могут быть использованы местным населением в качестве топлива.

Биомасса галофитов (сведа, саликорния, карелиния каспийская, климакоптера, атриплекс, однолетние солянки и др.), произрастающих на засолённых землях, где невозможно выращивание обычных сельскохозяйственных культур, может использоваться для производства биогаза. С одной тонны сухого вещества можно получить до 300-400 м3 биогаза (*http://www.cac-program.org/video/play/8*)

Технология 3. Создание страховых запасов зимних кормов и улучшение системы кормления животных с использованием галофитов

В результате широкомасштабной видовой и внутривидовой селекции нами в сотрудничестве с институтом каракулеводства и экологии пустынь были отобраны 15 перспективных видов и экотипов, пригодных как в качестве растений-биомелиорантов, так и для производства энергонасыщенных кормов и лекарственного сырья на вторично засоленных почвах и в условиях орошения соленой водой. Перспективными для использования оказались следующие растения: сведа дуголистная, сведа заостренная, сведа странная, лебеда садовая, лебеда, климакоптера шерстистая,

марь белая, солянка восточная, солерос, кохия веничная, солодка голая, полынь солончаковая и другие. Отобранные виды галофитов формируют 10 - 12 тонн сухой кормовой массы, 1 – 1.5 тонн семян, и обеспечивают получение до 1.5 тонн протеина в условиях орошения соленой водой на песчаных почвах (Рисунок 5.4.3).

Основные технологические операции (сроки приведены для предгорной полынно-эфемеровой пустыни Нураты на зонально-типичных бурых полупустынных, каштановых и темно-каштановых почвах): ранней весной проводится полосная обработка шириной от 12 до 50 м, на глубину 16 - 18 см, как правило, поперек направления господствующих ветров. Далее, в мае - июне в зависимости от степени зарастания сорняками и уплотнения поверхности почвы осуществляется культивация на глубину 6 - 8 см. Осенью (ноябрь) и зимой (декабрь - февраль) проводится высев смеси семян кормовых растений разных жизненных форм - полукустарничков, однолетних и многолетних трав, зачастую под снегом, чтобы добиться естественной стратификации семян и получения полноты всходов в пресной воде (осенние дожди и снег приводят к естественному выщелачиванию солей в верхних профилях почвы).

http://drylandsystems.cgiar.org/news-opinion/2015-review-combating-land-degradation-and-climate-change-central-asia



Рисунок 5.4.3. Искусственные пастбища из галофитов на участке Кызылкесек (посевы Kochia scoparia+Atriplex nitens+Suaeda).

В рамках региональных проектов разработаны рационы для овец на базе местных кормов, включая галофиты. При оценке питательных и кормовых средств и нормировании кормления учитывается широкий спектр факторов питания, что позволяет повысить эффективность использования кормов.

Ниже приводятся биологические, химические и энергетические данные отдельных солеустойчивых кормовых культур и галофитов на поливе артезианской водой, которые могут быть использованы для кормления животных (Таблица 5.4.2).

Таблица 5.4.2. Содержание питательных веществ и энергетическая ценность некоторых солеустойчивых традиционных кормовых культур и галофитов (в фазе цветения)

Исследуемые виды / Кормовые культуры	Химический состав, %					Валовая энергия	
	Сырой протеин	Сырой жир	Клетчатка	БЭФ	Зола	Kcal	Mcal / кг
Alfalfa	16,1	1,6	11,6	60,8	9,1	4162	17,4
Licorice	20,7	4,2	33,4	33,3	7,51	4417	18,4
Pearl millet (Hashaki 1)	13,3	1,1	22,4	47,2	7,9	3834	16,0
Sorghum	13,0	1,2	17,7	50,1	4,0	3761	15,7
Maize	10,6	1,5	23,0	40,8	8,3	3476	14,5
Suaeda paradoxa	23,6	2,8	20,9	27,5	21,9	3662	15,3
Climacoptera lanata	22,6	2,4	18,6	27,6	27,5	3474	14,5
Atriplex nitens	9,0	1,47	31,6	45,7	10,5	3964	16,5
Halostachys belangeriana	14,7	3,2	27,9	14,3	38,5	2934	12,2
Karelinia caspia	5,6	1,2	21,5	52,7	16,5	3614	15,1

Источник: Тодерич К. и др. , Ташкент, 2015 [11]

Опыт показывает, что совершенствованием технологии возделывания кормовых культур и их смесей можно повысить качество и увеличить переваримость кормов. Энергетическая ценность сена подтвердила, что смешанные посевы позволяют полней использовать биоэнергетический потенциал растений и получать сбалансированные корма по зоотехническим нормам кормления.

Наиболее устойчивыми к орошению соленой водой являются Atriplex nitens и однолетние солянки. Наибольшее накопление зеленой биомассы наблюдается в период отрастания или в период массового цветения. В период созревания семян рост растений резко снижается, что хорошо коррелирует со значением индекса листовой поверхности. Данное обстоятельство наводит на мысль о том, что однолетние виды галофитов могут быть включены в рацион животных в период их массового роста и цветения. Позже постепенно происходит склерификация ассимилирующих органов и, как следствие, снижение питательности кормов.

Технология 4. Использование артезианских минерализованных вод для улучшения пустынно-пастбищного аридного кормопроизводства и животноводства (пустынно-оазисное сельское хозяйство)

Для орошения легких по механическому составу пустынных почв можно использовать минерализованные воды. Причем, внедрение в севооборот галофитов, которые выносят до 40% солей из почвы, является обязательным условием экологической приемлемости использования соленых вод. Вода из артезианских скважин имеет нейтральную кислотную реакцию (pH 7.4) и среднее засоление (EC= 5.6-8.3 dS / м).

Данная технология успешно опробована в пустыне Кызылкум, Канимехском районе Навоийской области (Узбекистан). Население, проживающее в Кызылкуме, традиционно занимается животноводством, которое является основным средством существования и выполняет своеобразную функцию накопления семейных сбережений.

В целях повышения доходов население увеличивает поголовье скота, не учитывая площадь и состояние пастбищ. Бессистемный выпас и превышение нормативной нагрузки на пастбища создает угрозу биоразнообразию. Организация кормопроизводства позволит создать кормозапас и снизить нагрузку на пастбища.

Эта технология экономически очень выгодное мероприятие, позволяющее получить с каждого гектара:

- 3-5 тонн соломы и 1.5-2.0 тонн зерна озимой пшеницы;
- 48-78 тонн силосной массы кукурузы, сорго и проса;
- 14.4-15.0 т/га сена люцерны;
- 23 т/га сена надземной фитомассы солодки;
- галофиты производят 5.0-10.0 тонн/га сена.

Нетрадиционные кормовые культуры в чистом или совмещенном посеве дают 15.0-30.0 тонн/га сена с хорошими питательными качествами.

Результатом внедрения данной технологии является улучшение земель, сохранение верхнего слоя почвы, восстановление растительного покрова, предупреждение перевыпаса и снижение нагрузки на пастбища путем организации орошаемого кормопроизводства.

http://www.cac-program.org/video/play/10

Чистый доход от поливного земледелия на минерализованных артезианских водах в Кызылкуме составляет 12.5 млн. сумм/га в год.

Технология 5. Поверхностное улучшение деградированных полынно-эфемеровых пастбищ

При усилении интенсивности выпаса полынников с участием кормовых пастбищных растений на серо-бурых почвах накапливаются хлоридные и смешанные хлоридно-сульфатные соли, понижается содержание гумуса, валового азота, подвижного фосфора и калия. В таких случаях только огромные затраты по рекультивации пастбищных угодий могут предотвратить нежелательные последствия антропогенного воздействия.

ИКБА-ЦАЗ в сотрудничестве с Институтом каракулеводства и экологии пустынь (Узбекистан) показали, что полукоренное (поверхностное) улучшение полынно-эфемеровых пастбищ Карнабчуля, Маликчуля и предгорной полупустыни Нураты с бурыми легкими почвами методом чередования вспаханных полос с полосами естественного травостоя на 20-40% повышает продуктивность деградированных пастбищ.

Культурные пастбищные угодья при ограниченном поливе выгодно создавать в предгорных, степных, низкогорных районах Южного Казахстана, Чуйской долины в Кыргызстане, Зарафшанской и Ферганской долинах в Узбекистане, Аштском массиве в Таджикистане.

Опытные участки были заложены на самых сбитых территориях полупустынных и пустынных пастбищах, сосредоточенных вблизи населенных пунктов, малых агро-животноводческих комплексах, вокруг искусственных водоемов, водопоев для животных, временных кошар и вблизи населенных пунктов в предгорных пустынных и полупустынных ландшафтах.

Полосы располагаются перпендикулярно к направлению господствующих ветров. Сев обычно проводится в декабре-январе, семена укладываются в плотное ложе и заделываются в почву на глубину 1-2 см. Наилучшим методом создания пастбищных агрофитоценозов круглогодичного назначения является использование кормовых растений разной экологии и фитоценологии древесных видов (саксаул черный), крупных кустарников (черкез Рихтера и черкез Палецкого), кустарников (чогон), полукустарников (кейреук, изень, камфоросма, полынь) и трав (мятлик луковичный и коротковегетирующие эфемеры).

Создание долголетних пастбищ с использованием пустынных и полупустынных кормовых культур проводится полосами (полосной сев) шириной 12-60 м, оставляя между полосами нетронутые естественные пастбища – 24-120 м. Питомники для размножения семян пастбищных кормовых культур (seed isles) создаются на возвышенных открытых склонах с учетом направления ветров и сроков цветения культур. Созревшие семена разносятся ветром по пастбищу на большие расстояния: от 50 до 100 и более метров, обеспечивая естественное самовозобновление (self regeneration) пастбищной растительности.

Чистый доход, получаемый со 100 га улучшенных пастбищ, в 4-6 раз выше, чем со 100 га естественных полынно-эфемеровых пастбищ. Срок окупаемости капитальных вложений на создание искусственных пастбищ составляет 4-5 лет. Искусственные пастбища в течение 20-35 лет сохраняют высокую продуктивность в условиях их рационального использования.

Технология 6. Создание культурных сеянных пастбищ в условиях ограниченного (limiting supplimental irrigation) орошения

В полупустынных районах вследствие сдувания снега на выкошенных площадях запасы влаги в почве резко уменьшаются, что часто является основной причиной пониженного урожая зеленой массы и заготавливаемого сена в последующие годы. Поэтому при создании изенников для производства кормов на зиму и для производства (заготовки) семян пастбища следует делить на 3-4 участка, которые могут быть использованы поочередно по годам, то есть создавать сеянные орошаемые пастбища с доминированием изеня в виде севооборота (*http://cac-program.org/news/detail/450*)

Для обеспечения полноты всходов и отрастания растений весной было произведено мелководное самотечное орошение таловых, селевых подгорных вод в сторону равнинных полынно-эфемеровых пастбищ.

В предгорьях имеются большие возможности использования для орошения -паводковые воды или воды горных временных ручьев и небольших рек, а по необходимости воды из артезианских скважин. Хорошие результаты были получены при сооружении накопительного бассейна, сордоба и хаузов, где вода в течение суток отстаивается и прогревается, прежде чем будет использована для полива.

Вблизи кишлака Тутли, Нуратинского района, Навоийской области (Узбекистан) были заложены семенники (питомники размножения) изеня, житняка, чогона, а также бобовых трав (эспарцет, люцерна посевная, донник, клевер и др.) с привлечением женщин-фермеров. При проведении орошения (1-2 полива за весь вегетационный период) семена многолетних растений были получены на второй год вегетации.

В первом году вегетации урожай зеленой биомассы и заготавливаемого сена был на 10-20% выше по сравнению с растениями, произрастающими при одинаковых почвенно-климатических условиях на неорошаемом участке.

Помимо широкорядных и сплошных рядовых смешанных посевов иногда можно применять квадратно-гнездовой способ, или высадку рассадой (дикорастущие пустынные кормовые кустарники и полукустарники), или корневищами (многолетние виды злаков).

Заключение

Деградация почв, подверженных засолению, является одним из важнейших негативных факторов, ограничивающих рациональное использование земельных ресурсов. Прогрессирующее засоление почв обусловило превращение сельскохозяйственных земель в малопригодные для нормального ведения хозяйства.

Восстановление продуктивности засоленных земель, создание на их основе высокопродуктивных сельскохозяйственных биоценозов, вовлечение их в сельскохозяйственный оборот, улучшение мелиоративного состояния и повышение плодородия почв – первоочередная задача программы аридного биоземледелия.

Реабилитация засоленно-солонцовых почв с использованием средообразующей функции галофитов является эффективным методом продуктивного освоения и одновременного рассоления почв, ранее непригодных для традиционных сельскохозяйственных культур общепользовательной ценности.

В результате исследований галофиты *Atriplex nitens, Climacoptera lanata, виды Kochia, Salsola, Aellenia, Haloxylon, Artemisia, Ceratoides, Suaeda, Glycyrrhiza и др.* показали лучшие результаты по сравнению с другими испытуемыми видами растений и, соответственно, могут быть использованы в производстве зимних кормов для животных. Урожайность созданных галофитных пастбищ в зависимости от

экологических условий региона и видового состава растений достигает 1.2-1.5 т/га сухого корма. Кроме того, они позволяют изменить сезонность пастбищ, отличаются устойчивыми урожаями по годам и разнообразием рациона.

Создание культурных сеянных галофитных пастбищ в условиях ограниченного (limiting supplimental irrigation) орошения минерализированной артезианской водой требует достаточного количества высококачественных жизнеспособных семян.

Необходима дальнейшая работа по разработке соответствующих пакетов технологий для одомашнивания (введения в культуру) галофитов, а также недоиспользованныхтрадиционныхинетрадиционныхкоммерческихкультур,таких как киноя, африканское просо, амарант, соя др., предназначенных для обеспечения продовольственной безопасности и продуктов питания. Путем расширения этих пакетов в регионе Центральной Азии и Южного Кавказа через многосторонний подход будут демонстрироваться преимущества выращивания солеустойчивых растений, наряду с комплексными усилиями в целях распространения лучших практик ведения сельского хозяйства на засоленных почвах среди сельских общин, фермеров и политиков.

Создание интерактивного и легкодоступного веб-сайта на местном языке вместе с применимыми мультимедийными инструментами (CD, приложения, мобильные) и наращивание потенциала фермеров, животноводов, домашних хозяйств является приоритетной задачей.

5.5. Агролесомелиорация засоленных почв деградированных сельскохозяйственных ландшафтов в Узбекистане

Хамзина Т.И. (Узбекистан)
(по материалам публикаций Khamzina A., Lamers J., Vlek P., ZEF Bonn, Germany)

В данном разделе приведены результаты исследования реабилитации деградированных участков пахотных земель в Хорезмской области путем агролесомелиорации, выполненного в рамках междисциплинарной программы ZEF/UNESCO (2002-2009). Исследования услуг экосистем и возможностей для получения дохода позволили оценить пригодность облесения маргинальных земель как технологии альтернативного землепользования, с акцентом на многоцелевые выгоды.

Задачи эксперимента включали изучение воздействия мелкомасштабных лесонасаждений на деградированных участках пахотных земель на восстановление продуктивности почв, оздоровление экологии и развитие альтернативных источников средств существования в сельской местности. Исследования проводились в несколько этапов: (i) пространственно-временная оценка деградации орошаемых пахотных земель в Хорезмском регионе; (ii) скрининг местных пород деревьев и отбор наиболее перспективных кандидатов для облесения засоленных деградированных земель с близкими грунтовыми водами; (iii) создание мелкомасштабных лесопосадок на деградированных участках пахотных земель с учетом дефицита орошения; (iv) исследование и оценка экосистемных услуг, предоставляемых в результате лесоразведения.
Объектом исследований являлись орошаемые пахотные земли, мало подходящие или

непригодные для земледелия, в основном из-за засоления почвы. Традиционно это залежные земли, используемые только в качестве низко продуктивных пастбищ, которые практически не приносят дохода землепользователям.

Подход и методология. Для обеспечения эффективности и устойчивости результатов облесения маргинальных земель Проектом ZEF/UNESCO (2002-2009) по реструктуризации земле- и водопользования в Хорезмской области было выполнено детальное изучение и инвентаризация местных древесных пород и лесных ресурсов путем интерпретации аэрофото- и космических снимков MODIS [23].

В общей сложности, были изучены 15 пород деревьев на пригодность для облесения. Поскольку почвенное засоление является главным фактором, ограничивающим продуктивность биомассы, высокая солеустойчивость пород явилась одним из обязательных критериев оценки их пригодности. Приоритет был отдан многоцелевым породам местного происхождения, поскольку они адаптированы к агроклиматическим условиями Хорезма и хорошо известны землепользователям.

Исследование развития трех отобранных перспективных пород выполнялось на низко плодородных засоленных почвах с близким уровнем грунтовых вод в течение двух вегетационных сезонов [18]. Подготовка участка для организации лесонасаждения включала планировку поля, вспашку и промывку земель от засоления. Саженцы различных пород высаживались по схеме 1.0 x 1.75 м чистыми рядами, с чередованием пород через каждые 5-7 рядов. Такая густота посадки (5714 шт/га) с шириной междурядий 1.75 м обеспечивала начало сбора биомассы (топливная древесина, лиственный корм) уже в конце первого года жизни.

Агролесомелиоративный потенциал исследуемых пород оценивался по воздействию на почвенное плодородие, по биодренажным способностям насаждений через транспирацию, предоставление выгод землепользователям (обеспечение полезной продукцией), и возможности связывания CO2 в биомассе и в почве. Проводилось изучение потенциала древесных насаждений для целей биодренажа, кормопроизводства, теплотворной способности древесины и др. [18, 19, 21, 22].

Результаты исследования

Хорезмская область, общей площадью 681.6 тыс.га, расположена на северо-западе страны в низовье Амударьи. Ландшафт представляет собой однообразную обширную аллювиальную равнину дельты Амударьи с очень малыми уклонами (i = 0.00012-0.0002) в сторону Аральского моря. С годовым количеством осадков всего 100 мм сельское хозяйство неизбежно зависит от орошения .

Территория Хорезмского оазиса изрезана густой сетью ирригационных каналов и коллекторов, обеспечивающих орошение земель. Малые уклоны поверхности создают затрудненные условия оттока, что в условиях неадекватной работы коллекторно-дренажной и ирригационной инфраструктуры способствует поднятию уровня грунтовых вод.

Пространственно-временная оценка деградации орошаемых земель выявила, что на 36% площади пахотных земель Хорезма наблюдается тенденция к снижению продуктивности. Из них 14% территории классифицируются средней и сильной степенью деградации; из 4% площади земель с древесным покрытием лишь 0.4% занимает лес, представленный саксаульниками и остатками тугайного леса, состоящего, в основном, из туранги.

Ветрозащитные лесополосы вокруг сельскохозяйственных полей занимают 0.8 % площади, где доминируют тутовники, разновидности *Salix* и *Populus* [23].

С учетом описанных выше критериев для облесения были выбраны 3 перспективные породы: лох узколистный (*Elaeagnus angustifolia*), тополь разнолистный (*Populus euphratica*) и вяз приземистый (*Ulmus pumila*) (Таблица 5.5.1).

Таблица 5.5.1. Древесные породы, отобранные для эксперимента [20]

Ботаническое название породы		Характеристика, критерии отбора
русское	латинское	
Лох узколистный	*Elaeagnus angustifolia*	Быстрорастущая, азотофиксирующая, фруктовая, солеустойчивая
Тополь разнолистный (туранга)	*Populus euphratica*	Быстрорастущая, главная порода тугайных лесов, солеустойчивая
Вяз приземистый	*Ulmus pumila*	Медленно растущая, ценная строительная древесина, часто используемая в полезащитном лесоразведении, солеустойчивая

Исследуемые породы успешно внедрены на экспериментальном участке (Янгибазар, Хорезм) на сильно засоленных почвах с минерализованными грунтовыми водами, залегающими на уровне 0.9-2.0 м от поверхности земли. Засоление почвы в корневой зоне составляло свыше 20 дС/м в вегетационный период, минерализация грунтовых вод находилась в диапазоне от 1 до 5 дС/м. После прекращения орошения через 2 года деревья эффективно использовали грунтовые воды и производили 10-60 тонн/га в год надземной биомассы (Рисунок 5.5.1).



Рисунок 5.5.1. Экспериментальный участок облесения, Хорезм, Узбекистан [18]

Экосистемный сервис: биодренаж и контроль засоления. Способность многих пород деревьев эффективно использовать минерализованные грунтовые воды является наиболее важным аргументом для лесоразведения на маргинальных землях. Результаты исследований здесь и далее оценивались для деревьев 5-летнего возраста. В течение вегетационного сезона насаждения испаряли до 13 мм/день. Лох узколистый (E. angustifolia) показал наиболее высокий уровень транспирации - почти 1300 мм за вегетацию при отсутствии полива. Это сравнимо с годовой транспирацией австралийских эвкалиптов, которые являются одной из самых известных пород деревьев, используемых для целей биодренажа.

Содержание солей в корневой зоне насаждений возросло от 4 дС/м (после предпосадочной промывки) до 12 дС/м, поэтому для долгосрочного успеха лесопосадок требуется промывка, частотой 1 раз в 10 лет. Тем не менее, высокая продуктивность насаждений на деградированных землях, несмотря на возросшее содержание солей, свидетельствует о высокой солеустойчивости рассматриваемых пород.

Запасы азота. Лесная плантация на экспериментальном участке в течение 5-ти лет способствовала повышению запасов валового азота в верхнем 20-см слое почвы на 6-30% в зависимости от породы. Повышение содержания доступной формы азота в почве было наиболее ощутимо на делянках под азотофиксирующей породой лох узколистый (E. angustifolia). Несмотря на повышенное засоление в корневой зоне, эффективность биологической фиксации азота увеличилась от 40% почти до 100% в течение 5 лет после закладки насаждения. Фиксация азота в среднем составила 20 кг/га в течение первого сезона, увеличилась до 0.5 т/га в течение следующих 2-х лет, а затем стабилизировалась на уровне 0.3 т/га/год. Породы с потенциалом фиксации азота в 0.1-0.3 т/га/год рассматриваются как весьма эффективные фиксаторы. Следовательно, порода E. angustifolia может быть включена в эту категорию. Наблюдения одного года 4-летних насаждений E. angustifolia показали, что вследствие разложения опада листьев, богатых азотом, высвободилось около 100 кг чистого азота, ставшего частью почвы [19].

Секвестрация углерода. Создание лесных насаждений на маргинальных землях дает возможность объединить усилия для борьбы с деградацией земель и сокращением концентрации CO_2 в атмосфере. Результаты в Хорезме показали, что через пять лет после облесения, почвенные запасы органического углерода возросли в среднем на 20%, добавляя 2-7 тонн углерода на гектар в верхнем 20-сантиметровом слое почвы. В зависимости от породы секвестрация углерода в древесной биомассе составила от 10 до 20 тонн/га уже на 5-й год после облесения, с вычетом биомассы, которая была использована на топливо. При этом E. angustifolia оказалась наиболее эффективной породой для этой цели. Если бы подобная секвестрация в результате агромелиоративного проекта была сертифицирована в рамках МЧР, сопутствующие выплаты могли бы способствовать этому альтернативному использованию деградированных пахотных земель.

Выгоды от древесной продукции: топливная древесина. На экспериментальных плантациях теплотворная способность древесины пород мало изменялась с течением времени, находясь в пределах 18-19 МДж/кг. Энергетическую ценность биомассы, полученной в результате прореживания 5-летних насаждений до половины их первоначальной густоты (2300 шт/га), варьировала от 8 до 19 тонн энергетического эквивалента нефти на 1 га. Это количество энергии способно покрыть среднегодовую потребность 55-90 человек и в 4 раза превышает энергетическую ценность гузапаи

(накопленную за этот же период времени), которая широко используется в сельской местности [15, 18, 22]. Закладка лесных насаждений на деградированных землях в качестве источника топливной древесины поможет также сократить незаконную вырубку природных тугайных и пустынных лесов.

Результаты исследований по восстановлению экосистемных услуг и создаваемых ими финансовых доходов позволяют предположить, что использование деградированных земель для агролесного хозяйства является выгодным вариантом. Однако для широкого распространения данной инновации в сельском хозяйстве необходимо усиление регулирующей и правовой поддержки, которые позволили бы использовать деградированные пахотные земли с низким плодородием для лесоразведения. Экономические препятствия должны быть устранены путем стимулирования и кредитования. Предполагаемые ежегодные денежные выгоды от недревесных продуктов являются перспективными, но необходима коммерциализация этих продуктов, что будет реально влиять на денежный доход сельских домохозяйств. Служба распространения сельскохозяйственных знаний и передача технических и экологических ноу-хау может помочь повысить мотивацию фермеров к посадке соответствующих видов деревьев.

Разнообразие и масштабы выгод от облесения, продемонстрированные исследованиями в рамках проекта ZEF/UNESCO, будут способствовать повышению осведомленности о финансовых и экологических преимуществах агролесомелиорации деградированных пахотных земель.

Список литературы к Главе 5

1	Вадюнина А.Ф. Электромелиорация почв засоленного ряда. Москва. 1960. 265 с.
2	Захаров С.Ф. Влияние электрического тока и химических мелиорантов на засоленные почвы: Автореферат канд. дис. 1979. 24 с.
3	Кан В.М. А.С. СССР №1475910 1989 «Способ мелиорации содово-засоленных солонцовых почв»
4	Кан В.М. Патент Республики Казахстан № 31348 «Способ получения жидкого биоорганического удобрения». 2016.
5	Кан В.М. Содово-засоленные почвы Южного Казахстана – генезис, мелиорация, продуктивность: Автореферат докторской диссертации. Алматы. 2000.
6	Козловский Ф.И. Теория и методы изучения почвенного покрова. Москва. 2003. 536 с.
7	Корсунов В.М., Красеха Е.Н., Ральдин Б.Б. Методология почвенных эколого-географических исследований и картография почв. Улан-Удэ. 2002. 231 с.
8	Носоненко, О. А. 2006. Доцільність урахування параметрів ґрунтових властивостей при плануванні агрозаходів у системі точного землеробства. Агрохімія і ґрунтознавство, 7. Харків. 287-289. (Целесообразность учета параметров почвенных свойств при планировании агроприемов в системе точного земледелия)
9	Саакян С.В., Казарян У.К., Папинян В.А., Сардарян Р. К.. Способ химической мелиорации карбонатных щелочных почв и установка его реализации. 2003. Патент Армения, № 1361A2.
10	Саакян С.В., Симонян А.В.. Основы ускорения процессов мелиорации почв. Ереван. 2011. 163 с. [на армянском языке]
11	Тодерич К.Н., Бобокулов Н.А., Раббимов А.Р., Шуйская Е.В., Мукимов Т.Х., Попова В.В., Хакимов У.Н. Kochia prostrate (L) Schrad – ценное кормовое растение для улучшения пустынных и полупустынных пастбищ. Ташкент. 2015. 156 с.
12	Хамроева Г.У., Раббимов А.Р. Некоторые итоги интродукции многолетней лебеды Atriplex undulata в условиях полынно-эфемеровой пустыни Карнабчуль .Формирование и развитие сельскохозяйственной науки в XXI веке. Сборник научных статей. Региональный Фонд «Аграрный университетский комплекс». 2016. 643 с.
13	Шамсутдинов З.Ш. Система улучшенных пастбищ в глинистых районах пустынь // Материалы для международного тренинга «Пастбища и пути управления их продуктивностью». Самарканд. 1981. 48 с.
14	Ahmad E., Lewis Jones D., Hinesly T.D. Electromelioration of a sodic horizon from an Illinois Natraqualf. Soil Sci Soc. of America journal. 1997. Vol. 61. Issue 6. P. 1761–1764.

15	Djanibekov U., Khamzina A. Stochastic economic assessment of afforestation on marginal land in irrigated farming system. Environmental and Resource Economics. 2016. Vol. 63. P. 95-117.
16	Gintzburger G., Le Houerou H.N., Toderich K. The steppes of Middle Asia: post-1991 agricultural and rangeland adjustment. J. Arid Land Use Management. 2005. Vol. 19. P. 215-239.
17	Khasankhanova G. Taryannikova R, (2011): Uzbekistan Sustainable Land Management in Practices// Combating Desertification and Land Degradation. Proven Practices from Asia and the Pacific. Edited by Yang Youlin, et al. Changwon, Republic of Korea. P.223-238.
18	Khamzina A., Lamers J.P.A., Vlek P.L.G. Conversion of degraded cropland to tree plantations for ecosystem and livelihood benefits. In: Martius C., Rudenko I., Lamers J.P.A., Vlek P.L.G. (eds.) Cotton, Water, Salts and Soums - Economic and Ecological Restructuring in Khorezm, Uzbekistan. Springer Science+Business Media, B.V., 2012. P. 235-248.
19	Khamzina A., Lamers J.P.A., Vlek P.L.G. Nitrogen fixation by Elaeagnus angustiafolia in tree reclamation of degraded croplands of Central Asia. Tree Physiology. 2009. Vol. 29. P. 799-808.
20	Khamzina A., Lamers J.P.A., Worbes M., Botman E., Vlek P.L.G. Assessing the potential of trees for afforestation of degraded landscapes in the Aral Sea Basin of Uzbekistan. Agroforestry Systems. 2006. Vol. 66. P. 129-141.
21	Khamzina A., Sommer A., Lamers J.P.A., Vlek P.L.G. Transpiration and early growth of tree plantations established on degraded croplands over shallow saline groundwater table in Nothwest Uzbekistan. Agricultural and Forest Meteorology. 2009. Vol. 149. P. 1865-1874.
22	Lamers J.P.A., Khamzina A. Seasonal quality profile and production of foliage from trees grown on degraded cropland in arid Uzbekistan, Central Asia. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 2010. Vol. 94. P. 77-85.
23	Tupitsa A. Photogrammetric techniques for the functional assessment of tree and forest resources in Khorezm, Uzbekistan. PhD dissertation, Rheinischen Friedrich-Wilhelms-University Bonn. 2009.

Глава 6. Оценка экономической эффективности комлексных мероприятий по мелиорации засоленных почв

6.1. Методы оценки экономической эффективности комплекс-ных мероприятий по мелиорации засоленных земель

Кучер А.В. (Украина)

На современном этапе экономическую эффективность оправдано трактовать как экономическую категорию, отражающую соотношение эффекта (результата) с экономическими ресурсами (затратами), оптимизация которого определяется через максимизацию эффекта при фиксированных затратах ресурсов или через достижения целевого эффекта при их минимальных затратах.

Экономическую эффективность мелиорации засоленных земель следует рассматривать как сложное экономическое явление, отражающее соотношение между полученными конечными результатами в стоимостной форме (валовая, товарная, чистая продукция, прибыль) к величине и / или денежной (экономической) оценки земельных угодий и затраченных ресурсов (производственных затрат), вызвавших эти результаты (эффект).

В результате обобщения научных исследований определена возможность объединения имеющихся взглядов в рамках следующих четырех методологических подходов к определению экономической эффективности применения мероприятий по мелиорации засоленных земель: i) ресурсный, когда экономический эффект сопоставляют с экономической оценкой земельных ресурсов, для улучшения которых применяют мелиоративные мероприятия; ii) затратный, когда экономический эффект сравнивают с затратами на применение мелиоративных мероприятий, которые непосредственно связаны с его достижением; iii) ресурсно-затратный, что является определенным компромиссом между двумя предыдущими, то есть во внимание принимают как некую оценку имеющихся ресурсов, так и оценку текущих затрат; iv) целевой, когда экономическую эффективность определяют как степень достижения целевых параметров применения мероприятий по мелиорации засоленных почв. Применение одного подхода обычно не исключает возможности использования другого, поэтому на практике перспективным может быть их комплексное (комбинированное) применение в зависимости от поставленных целей.

При обосновании экономической целесообразности мелиорации засоленных земель следует опираться на такие концептуальные положения [6]:

- определяют эффективность проектов мелиорации земель, как правило, по приросту чистого дохода, что является разницей сумм чистого дохода, который получают «С мелиорацией» и «Без мелиорации». В этой связи нужны

обоснования и расчет чистого дохода как с мелиорацией, так и без мелиорации;
- мелиоративные проекты характеризуются, как правило, длительным жизненным циклом. При этом на разных этапах (периодах) достигают разных результатов;
- мелиоративные проекты, как правило, решают проблемы сохранения и восстановления плодородия почвы, поэтому оценку эффективности проводят с учетом экологического результата по проекту;
- в проектах мелиорации нередко решают и вопросы комплексного использования водных ресурсов. В связи с этим проводят комплексную оценку эффективности мелиоративного проекта с учетом экономических и социально-экологических результатов;
- мелиоративные проекты могут, а часто и должны предусматривать комплексное применение различных методов мелиорации земель. В таких случаях одной из задач обоснования эффективности является поиск наилучшего сочетания методов мелиорации в отношении конкретных сельскохозяйственных угодий;
- как правило, для мелиоративных проектов характерны не только экономические (повышение ценности земель и дохода от их рационального использования), но и социально-экологические результаты, которые следует также учитывать при определении эффективности мелиорации.

Для анализа и оценки экономической эффективности применения мероприятий по мелиорации засоленных земель используются следующие статические показатели: i) прирост урожая отдельных сельскохозяйственных культур; ii) стоимость прироста урожая (чистый доход от применения мероприятия); iii) уровень повышения производительности труда и снижения себестоимости продукции на мелиорированных землях; iv) прирост прибыли от мелиорации засоленных земель; v) уровень рентабельности текущих затрат на мелиорацию; vi) срок окупаемости капитальных затрат на мелиорацию засоленных земель; vii) коэффициент экономической эффективности капитальных затрат на мелиорацию засоленных земель.

Дополнительными показателями можно считать такие, как: уровень и динамика стоимости земельного капитала как составляющей природного капитала; размер предупрежденного эколого-экономического ущерба; экономия затрат; объем производства валовой продукции в постоянных ценах, товарной продукции (чистого дохода (выручки) от реализации), чистой продукции и прибыли в расчете на 100 га сельскохозяйственных угодий (или пашни); землеотдача по валовой, товарной, чистой продукции и прибыли; коэффициенты окупаемости всех производственных затрат валовой, товарной, чистой продукцией и прибылью; уровень рентабельности производства; норма прибыли.

При оценке экономической эффективности капиталоемких инвестиционных мелиоративных проектов долгосрочного характера, кроме рассмотренных, следует использовать дисконтированные показатели, которые учитывают изменение стоимости денег во времени, что позволяет в определенной степени компенсировать главный недостаток статических показателей. Для оценки экономической эффективности долгосрочных инвестиционных мелиоративных проектов следует применять динамический (дисконтированный) подход к определению экономической эффективности инвестиций с помощью таких основных показателей, как: чистая приведенная стоимость (NPV), дисконтированный период

окупаемости (DPP), индекс доходности (PI), внутренняя норма доходности (IRR), модифицированная внутренняя норма доходности (MIRR) и др. Расчет этих показателей основывается на теории стоимости денег во времени. Основанием для такой оценки является положение о том, что одна гривна, полученная сегодня, является ценней, весомее и дороже той, которая будет получена в будущем [5].

Приведенные показатели не следует считать завершенной системой, ведь их можно дополнять другими, учитывая специфику функционирования отдельных предприятий, имеющуюся информационную базу и в зависимости от поставленных задач.

Выбор показателей и критериев эколого-экономической эффективности на каждой стадии оценки мелиоративного проекта и методов их расчета осуществляется с учетом следующих основных условий [8]:
- цель реализации проекта. Общеизвестно, что цель определяет средства, поэтому критерии и показатели эколого-экономической эффективности мелиоративного проекта должны, в первую очередь, соответствовать выбранной цели его функционирования и целям и интересам его участников;

- стадия осуществления оценки. Согласно современным принципам проектного и инвестиционного анализа выбор наилучшего варианта проектного решения осуществляют поэтапно. Именно поэтому оценку также осуществляют в несколько этапов и выбор критерия оптимальности и эффективности зависит от целей расчетов на соответствующей стадии оценки;
- масштаб оценки проекта. Мелиоративный проект можно оценивать на общегосударственном, отраслевом, региональном уровне или с позиции конкретного сельхозпроизводителя, инвестора или кредитора. Соответственно методы расчета показателей могут отличаться;
- имеющаяся информационная база, доступность и степень детализации необходимых данных для расчетов, наличие определенных условий и ограничений.

6.2. Подходы и методы оценки эколого-экономической эффективности мелиорации засоленных почв

Айдаров И.П. (Россия)

Основной принцип природоохранного законодательства заключается в том, что никакая хозяйственная деятельность не может быть оправдана, если выгода от нее не превышает вызванного ею ущерба [2].

Эколого-экономическая эффективность комплексных мелиораций засоленных или подверженных засолению земель, как и все проекты в области природопользования, оценивается с использованием чистого дисконтированного дохода (NPV):

$$NPV = \sum_{t}^{T} (P - З - И)(1 + E_n)^{-t} - K \quad (6.1)$$

где: Р – результаты, достигаемые в момент времени t расчетного периода Т, руб.; З – затраты, осуществляемые в момент времени t, включая текущие затраты, руб.; И – ущерб

природной среде, в том числе растительному и животному миру, почвам, водным ресурсам и населению, руб.; $E_н$ – коэффициент дисконтирования, который характеризует допустимый риск ухудшения природной среды в перспективе. $E_н$ = 2-3 %.

В настоящее время коэффициент дисконтирования часто рассматривают как норму прибыли (6-8%), что не соответствует требованиям охраны природы; Т – расчетный период, годы; К – капитальные вложения, руб./га. Значения Р, З и И определяются как разность между данными для немелиорированных и мелиорированных земель. Обязательным требованием эффективности инвестиционных проектов является условие NPV > 0.

Экологический ущерб (эффект) в первом приближении можно оценивать по изменению биоразнообразия и ценности экосистемных услуг:

$$\mathbf{И_{экол} = \Delta\delta Ц} \quad (6.2)$$

где: Δδ – изменение биоразнообразия на немелиорированных и мелиорированных землях; Δδ = δ1 – δ2. Биоразнообразие различных с/х угодий приведено в Таблице 6.2.1.

Таблица 6.2.1. Относительная величина биоразнообразия различных с/х угодий, %

Леса, луга, болота	Лесные полосы	Сады	Сенокосы и пастбища	Пашня
100	49	23	60	10

Примечание: Значения биоразнообразия корректируются с учетом продуктивности угодий [2]

Капитальные вложения в комплексные мелиорации определяются с учетом применения технически и экологически совершенных технологий и техники. Величина NPV позволяет оценивать различные варианты, но не дает ответа на вопрос об экологической стабильности агроландшафтов.

Для объективной оценки эколого-экономической эффективности комплексных мелиораций необходимо иметь дополнительный показатель, характеризующий уровень стабильности орошаемых агроландшафтов [2, 3]. Для оценки экологической стабильности можно использовать выражение:

$$K_c = \frac{\sum_1^n f_i K_1 K_2}{\omega} \quad (6.3)$$

где: Кс – коэффициент экологической стабильности наземной экосистемы поймы, в долях от единицы; fi – относительные площади биотических и абиотических элементов системы, %; K_1 – коэффициент, характеризующий относительную экологическую значимость отдельных элементов системы, в долях от единицы; K_2 – коэффициент геолого-морфологической устойчивости рельефа, для пойменной системы K_2 = 0.7; ω – общая площадь поймы, ω = 100 %. Коэффициенты относительной экологической значимости приведены в Таблице 6.2.2.

Таблица 6.2.2. Коэффициенты относительной экологической значимости

Биотические и абиотические элементы ландшафта	Природно-климатическая зона					
	Северная тайга	Южная тайга	Лесостепная	Степная	Сухо-степь	Полупустынная
Леса	0,48	0,80	0,84	1,00	-	-
Луга	0,40	0,60	0,80	0,95	0,70	0,20
Сенокосы	0,38	0,58	0,78	0,93	0,66	0,18
Пастбища	0,39	0,59	0,79	0,94	0,67	0,19
Пашня	0,08	0,11	0,13	0,15	0,11	0,06
Населенные пункты и промзоны	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0

Примечание: При изменении биоразнообразия и продуктивности табличные значения коэффициентов корректируются пропорционально этим изменениям.

Оценка устойчивости природных систем производится по следующей шкале: Кс - степень стабильности - (≤ 0.33 - нестабильная; 0.34-0.50 -мало стабильная; 0.51-0.66 - средне стабильная; > 0.66 – стабильная).

6.3. Оценка эффективности технологий лазерной планировки земель и агролесомелиорации в Узбекистане

(по материалам проектов ИСЦАУЗР и ПМГ ГЭФ в Узбекистане)

Хамзина Т., Ибрагимов Р., Абдуллаев У. (Узбекистан)

Каждый аспект хозяйствования вносит определенный вклад в достижение потенциала урожайности. Анализ исследований (АБР, 2005, ИСЦАУЗР, 2009 и др.) показывает, что наибольшая прибавка урожая и доходов получается от улучшенной подготовки земель, особенно планировки и глубокой вспашки, а также внесения адекватных норм удобрений, диверсификации культур, и агролесомелиорации и повышения эффективности использования воды [4, 10].

В данном примере приведены отдельные результаты изучения опыта и уроков, полученных в рамках проектов АБР, ПРООН и Программы малых грантов ГЭФ в Узбекистане, которые продемонстрировали потенциально возможные выгоды и преимущества расширения инноваций и технологий обработки почвы для повышения продуктивности сельскохозяйственных земель и улучшения средств существования населения [1, 4, 7, 9] .

Экономическая оценка лазерной планировки земель. В условиях орошаемого земледелия ровная поверхность поля – один из основных факторов, обеспечивающих эффективное использование водных и земельных ресурсов. Неровности поверхности поля ограничивают проведение качественной обработки почв, создают скопление воды в понижениях во время поливов, быструю реставрацию солей. Считается, что одной из причин образования пятнистого засоления и лысых пятен на полях является плохая планировка поверхности.

Лазерная планировка создает поверхность с разницей неровностей ±3см и обеспечивает равномерное увлажнение поля, устраняя причины возникновения солевых пятен. Анализ эффективности технологии лазерной планировки на примере фермерского хозяйства «А.Темур» в Ургенчском районе Хорезмской области (2010 г.) показывает, что данная инновация является окупаемым и рентабельным мероприятием (Таблица 6.3.1).

Таблица 6.3.1. Показатели экономической эффективности лазерной планировки земель (на 1 га) [10].

	Пшеница				Хлопчатник			
	Традиц. способ	Лазерная планир.	Изменение		Традиц. способ	Лазерная планир.	Изменение	
			кол-во	%			кол-во	%
Затраты, тыс.сум								
на механизацию	453,1	508,9	55,8	12,3	595,2	649,7	54,5	9,2
на рабочую силу	63,9	49,1	-14,8	-23,2	113,2	100,4	-12,8	-11,3
на полив	72,8	53,1	-19,7	-27,1	90,8	71,9	-18,9	-20,8
Прочие затраты	500,5	520,2	19,7	3,9	572,1	621,1	49	8,6
Всего затраты:	**1090,3**	**1131,3**	**41**	**37**	**1371,3**	**1443,1**	**71,8**	**5,2**
Расход воды, $м^3$/га	5,725	4,011	-1714	-30	10000	8000	-2000	-20
Урожайность, ц/га	40,0	44,0	4	10	25	27,5	2,5	10
Доход, тыс. сум	1260	1,386	126	10	1508,5	1659,3	150,8	10
Прибыль, тыс. сум	**169,7**	**254,7**	**85**	**50,1**	**137,2**	**216,2**	**79**	**57,6**
Рентабельность, %	15,5	22,5	7		10	15	5	

Лазерная планировка полей под пшеницей и хлопчатником увеличивает затраты на механизацию на 9.2-12.3%, однако при этом снижаются на 11-23% затраты на рабочую силу, уменьшается на 20-30% расход воды на орошение, а урожайность повышается на 10%. В целом, за счет лазерной планировки дополнительная прибыль составляет 85 тыс.сум/га при выращивании озимой пшеницы, и 79 тыс. сум/га при выращивании хлопчатника. Такой эффект обеспечивает, с одной стороны, повышение урожайности, с другой стороны – сокращение расходов на отдельные агротехнические мероприятия, потребность в которых снижается после лазерной планировки [11].

Окупаемость лазерного оборудования. Общая стоимость лазерного оборудования, приобретенного непосредственно в Ташкенте (у представителя фирмы Leica Geosystems), составляет 11501 долл.США или 18634 тыс.сум (1 долл. США = 1620.20сум по курсу ЦБ РУз на 28.09.2010), к ней добавляются таможенные расходы 0.2%. В Таблице 6.3.2 показана окупаемость инвестиций за счет дополнительной прибыли в зависимости от источника заемных средств и размера фермерского хозяйства.

Таблица 6.3.2. Окупаемость лазерного оборудования

Форма финансирования	Стоим. тыс.сум	Допол. прибыль тыс. сум/га (за 1 год)	Необходимая площадь, га (за 1 год)	Допол. прибыль тыс. сум/га (за 3 года)	Необходимая площадь, га (за 3 года)
Озимая пшеница					
Собственные средства	18633,9	85,0	219	490,3	38
Лизинг (14%)	26460,1	85,0	250	490,3	54
Кредит (16%)	27578,2	85,0	254	490,3	56
Хлопчатник					
Собственные средства	18633,9	79,0	236	472,3	39
Лизинг (14%)	26460,1	79,0	335	472,3	56
Кредит (16%)	27578,2	79,0	349	472,3	58

Как показывают расчеты, для покрытия затрат на приобретение оборудования за три года фермеру потребуется площадь 38-56 га под пшеницей или 39-58 га – под хлопчатником в зависимости от источника заемных средств. Эта площадь соответствует площади среднего фермерского хозяйства в Узбекистане.

Экономическая эффективность агролесомелиорации

В Узбекистане половина орошаемых земель подвержена различной степени засоления в силу природных факторов и неадекватной сельскохозяйственной деятельности. Около 80 тыс. га выведены из сельхозоборота и находятся в статусе залежных земель. Значительная доля залежей не используется из-за засоления, заболачивания и потери плодородия. Земли с низким бонитетом плодородия (менее 20 баллов), хотя и находятся в сельскохозяйственном использовании, но выращивание основных сельскохозяйственных культур на них нерентабельно для фермеров. Однако эти земли могут приносить прибыль в результате мелиорации путем создания мелкомасштабных плантаций из многоцелевых древесных пород, устойчивых к засолению, заболачиванию или засухе.

В рамках проекта ZEF/ЮНЕСКО исследовалась возможность организации на сильнозасоленных землях Хорезмской области и Каракалпакстана лесных насаждений из смешанных пород деревьев (лох узколистый (*Elaeagnus angustifolia*), тополь разнолистный (*Populus euphratica*) и вяз приземистый (*Ulmus pumila*) [9].

Для подсчета доходов и расходов, связанных с лесоразведением, был использован анализ чистой текущей стоимости (ЧТС) за 7-летний период с учетом дисконтной ставки 14%. ЧТС включала возможные доходы от торговли лесной продукцией, такой как топливная древесина, лиственный корм скоту, фрукты, а также потенциальные выплаты за секвестрацию CO2 в рамках Механизма Чистого Развития. Чистая текущая стоимость была рассчитана также для хлопчатника и пшеницы на землях с низким плодородием в Хорезме, используя фактические данные по урожайности (Таблица 6.3.3.).

Культивирование однолетних культур на маргинальных землях принесло финансовые потери в пределах от 52 до 231 Евро/га, даже при наличии оросительной воды в адекватном количестве. Чистая текущая стоимость древесных плантаций на маргинальных землях в зависимости от породы деревьев варьировала от 415 до 3934 Евро/га. Прибыль от секвестрации углерода составила 5-20% от общей прибыли лесоразведения (198-271 Евро/га). Эта небольшая сумма может послужить дополнительным стимулом для внедрения практики облесения деградированных земель.

Таблица 6.3.3. Чистая текущая стоимость культур на маргинальных землях [11].

Показатели	Выгоды от культур на деградированных землях				
	Хлопчатник	Озимая пшеница	Лох узколистый	Тополь разнолистный	Вяз приземистый
Общая ЧТС, Евро/га	-231	-52	3934	1185	415
Выплаты за секвестрацию CO_2, евро/га	0	0	198	271	97
Оросительная норма (нетто), мм/год	600	540	80	80	80

По расчетам, экономия оросительной воды в результате передачи земли лесу достигает 35000-40000 м^3/га за 7 лет. Эти цифры можно удвоить, если учесть необходимость ежегодных промывок для однолетних культур. В денежном эквиваленте данная экономия воды сопоставима с 500-600 Евро/га при учете экономической стоимости поливной воды.

В общем итоге, лесоразведение имеет преимущество над культивированием однолетних культур на деградированных пахотных землях в силу своей финансовой конкурентноспособности при дефиците воды на орошение. Рисунок 6.3.1 иллюстрирует детали затрат и выгод от лесоразведения.

Анализ данных показывает, что наибольшие вклады требуются на начальной стадии внедрения агролесомелиорации. Они включали начальные инвестиции на создание плантаций и стоимость соглашения в рамках Механизма Чистого Развития (в среднем около 700 евро/га). Последующие затраты небольшие и связаны с расходами на поливы, прополку, обрезку, прореживание, сбор плодов, а также рубку деревьев по окончании 7-летнего периода ротации. Отношение доходов к затратам составило 3.5 для лоха узколистого (*E.angustifolia*), 1.8 для тополя разнолистного (*P. euphratica*) и 1.4 для вяза приземистого (*U. pumila*)

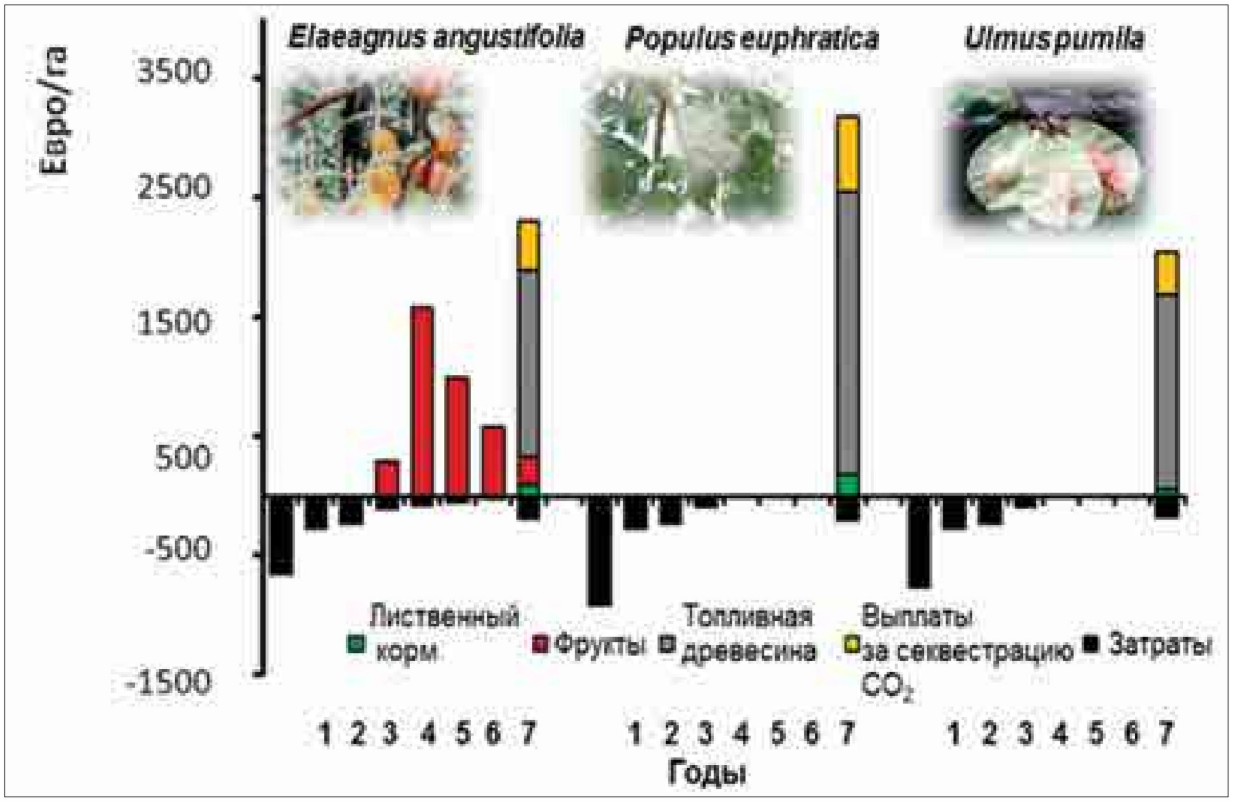


Рисунок 6.3.1. Доходы и затраты плантационного лесоразведения на маргинальных землях [1].

Наибольшую выгоду дал лох узколистый - свыше 3.5 тыс. Евро из-за ежегодного дохода от рыночной стоимости плодов. Урожай фруктов снизился с течением времени, что связано с высокой густотой 7-летних плантаций и необходимостью их прореживания. Продукция топливной древесины (тополь разнолистный) также составила большую долю в общем доходе от лесоразведения в сумме 2300 Евро/га. Потенциальная прибыль от продукции лиственного корма была незначительной.

Список литературы к Главе 6

1	АБР. Многострановый проект ИСЦАУЗР УУЗР. Информационная система. Финальный отчет. 2009. ПМГ ГЭФ (2015) Земля Энергия Биоразнообразие.
2	Айдаров И.П. Экологические основы мелиорации земель Москва. 2012. 163 с.
3	Айдаров И.П., Завалин А.А. Обоснование комплексных мелиораций (теория и практика). Москва. 2015. 128 с.
4	Ибрагимов Н., Рузимов Ж., Эгамбердыев О., Акрамханов А., Руденко И., Нурметов К. Распространение ресурсосберегающих технологий для устойчивого развития сельского хозяйства в Хорезмской области Узбекистана. Ургенч. 2012. 24 с. *http://sgp.uz/userfiles/Lazer%20rus%20low%20resolution.pdf*
5	Кучер А.В. Оценивание экономической эффективности инвестиционных аграрных проектов : статический подход. Бюл. науч. работ. 2013. Вып. 35. С. 170–176.
6	Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель (Режим доступа : *http://www.alppp.ru/law/okruzhayuschaja-sreda-i-prirodnye-resursy/ispolzovanie-i-ohrana-zemli/10/metodicheskie-rekomendacii-po-ocenke-effektivnosti-investicionnyh-proektov-melioracii-sels.html*)
	Н.Ибрагимов, Ж. Рузимов, О. Эгамбердыев, А. Акрамханов и др. Распространение ресурсосберегающих технологий для устойчивого развития сельского хозяйства в Хорезмской области Узбекистана. Ургенч, 2012
7	Нурметов К., Руденко И., Эгамбердыев О. Лазерная планировка в целях водосбережения: финансовые выгоды. В сб. Адаптация к изменению климата. Примеры из Узбекистана и Казахстана. Ташкент. 2012. (*http://sgp.uz/userfiles/files/Adaptation.pdf*)
8	Фроленкова Н.А. Еколого-економічне оцінювання меліоративних проектів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук. Одеса. 2006. 20 сс. (Эколого-экономическое оценивание мелиоративных проектов: Автореф. дис. на получение науч. степени канд. экон. наук)
9	Хамзина А., Джанибеков У., Ламерс Дж., Влек П. Агролесная мелиорация для реабилитации деградированных пахотных земель и улучшения средств существования в Хорезме. Инновации в сельское хозяйство Узбекистана. 2010 (*http://krass.uz/publications/Brochure_Agricultural%20Innovations_rus.pdf*)
10	Эгамбердыев О., Руденко И., Нурметов К. Лазерная планировка земли – инновационный способ повышения эффективности земле-и водопользования (*http://krass.uz/publications/Brochure_Agricultural%20Innovations_rus.pdf*).
11	Djanibekov U., Khamzina A., Djanibekov N., Lamers J.P.A. How attractive are short-term CDM forestations in arid regions? The case of irrigated croplands in Uzbekistan. Forest Policy and Economics 2012. Vol. 21. P. 108–117.

Часть II.
Учебные примеры, руководства и упражнения

Приложение А.
Классификации, критерии оценки и распространение засоленных почв

А1. Оценки химизма засоления почв

Таблица А.1. Химизм засоления почв по соотношению анионов (смоль(экв)/кг)

Почвы засоленные нейтральными солями (Щобщ < Ca^{2+}+Mg^{2+}, pH<8,5)		Щелочные почвы (Щобщ>Ca^{2+}+Mg^{2+}, pH>8,5)			
Щобщ < 20% от ∑ анионов		Щобщ > 20% от ∑ анионов		Щобщ < 20% от ∑ анионов	
Химизм засоления (по соотношению ионов, ммоль экв/100 г почвы)					
Хлоридный	Cl^-/SO_4^{2-} > 2	Содовый	Щобщ > Cl^- и > SO_4^{2-}	Хлоридный и сульфатно-хлоридный с участием соды	Щобщ < Cl^- и < SO_4^{2-}, Cl^- > SO_4^{2-}
Сульфатно-хлоридный	Cl^-/SO_4^{2-} =1-2	Хлоридно-содовый	Щобщ > Cl^-, SO_4^{2-} < 20% от Σ анионов		
Хлоридно-сульфатный	Cl^-/SO_4^{2-} =0,5-1	Сульфатно-содовый	Щобщ > SO_4^{2-}, Cl^- < 20% от Σ анионов	Сульфатный и хлоридно-сульфатный с участием соды	Щобщ < Cl^- и < SO_4^{2-}, SO_4^{2-} > Cl^-
Сульфатный	Cl^-/SO_4^{2-} < 0,5	Содово-хлоридный	Щобщ < Cl^-, SO_4^{2-} < 20% от Σ анионов		
Сульфатный (гипсовый)	Cl^-/SO_4^{2-} < 0,5 SO_4^{2-3} Ca^{2+} Ca^{2+}>8-12	Содово-сульфатный	Щобщ < SO_4^{2-}, Cl^- < 20% от Σ анионов		

Таблица А.2. Химизм засоления почв по соотношению катионов (смоль(экв)/кг)

Химизм засоления	Соотношение катионов
Натриевый	Na^+> Ca^{2+}, Na^+> Mg^{2+} , Ca^{2+}<20%Sк*, Mg^{++}<20%Σк
Магниевый	Mg^{2+}>Ca^{2+}, Mg^{2+}>Na^+, Na^+< 20%Sк, Ca^{2+}<20%Σк
Кальциевый	Ca^{2+}>Na^+, Ca^{2+}>Mg^{2+}, Na^+< 20%Sк, Mg^{2+}<20%Σк
Магниево-натриевый	Na^+> Mg^{2+}, Ca^{2+}<20%Σк
Кальциево-натриевый	Na^+> Ca^{2+}, Mg^{2+}<20%Σк
Кальциево-магниевый	Mg^{2+}>Ca^{2+}, Na^+< 20%Σк
Натриево-магниевый	Mg^{2+}>Na^+, Ca^{2+}<20%Σк,
Натриево-кальциевый	Ca^{2+}>Na^+, Mg^{2+}<20%Σк
Магниево-кальциевый	Ca^{2+}> Mg^{2+}, Na^+< 20%Σк

Примечание: Σк – сумма катионов, ммоль(экв)/100г почвы.

Таблица А.3. Зависимость между щелочностью почв и их плодородием [12]

Показатель	Уровни показателей			
Обменный натрий, % от емкости катионного обмена	<5	10-15	25-30	>50
Общая щелочность (%), метод водной вытяжки	0,02-0,04	0,05-0,06	0,07-0,08	0,1-0,2
pH пасты или водной суспензии	7,5-8,4	8,5-9,0	9,0-9,5	9,5-10
Относительное плодородие, %	100	75-60	30-20	0

Таблица А.4. Характеристика почв, засоленных нейтральными солями, и щелочных почв [20]

Показатель	Засоленные почвы (saline soils)	Щелочные почвы (alkaline soils)
pH	< 8,3	>8,5 в пределах профиля и (или) ESP* >15 в гор. В
Химизм засоления	Преобладают анионы SO_4^{2-} и Cl^-	Преобладают HCO_3^- или CO_3^{2-} или оба аниона
Влияние электролитов на почву	Коагуляция коллоидов	Пептизация, диспергация
Токсичное влияние на растения	Высокое осмотическое давление почвенного раствора	Щелочность почвенного раствора
Основная цель мелиорации	Удаление избытка электролитов путем промывки (выщелачивания)	Снижение высокого pH, нейтрализация щелочности путем химической мелиорации

Примечание: ESP - доля (%) обменного натрия от ЕКО.*

А2. Диагностика солонцов и солонцеватых почв

Солонцы и солонцеватые почвы имеют глинисто-дифференцированный профиль, состоящий из надсолонцового осолоделого горизонта и солонцового оглиненного горизонта (Natric/Solonetzic horizon), который обладает специфическими свойствами и является диагностическим, и подсолонцовых горизонтов [6, 10, 13].

Таблица А.5. Разделение почв по степени солонцеватости - по доле (%) обменного натрия от суммы обменных оснований

Степень солонцеватости	По Классификации …(1977) [11]		По Егорову, Минашиной (1976)	По Ковда, (1968) [12]	
	высокогумусные почвы (черноземы)	малогумусные (бурые, каштановые и др.)		зона черноземов	зона каштановых и бурых почв
Несолонцеватые	<5	<3	<5	-	-
Слабосолонцеватые	5-10	3-5	5-10	<10	<5
Среднесолонцеватые	10-15	5-10	10-25	10-15	5-10
Сильносолонцеватые	15-20	10-15	>25	15-30	10-15

Таблица А.6. Ориентировочный состав обменных оснований в зональных (несолонцеватых) почвах

Почвы	Состав обменных оснований, % от их суммы			Сумма обменных оснований, ммоль (экв)/100 г почвы
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	
Серозем на лессовидных суглинках	60-80	10-35	4-10	7-11
Каштановые на суглинках	68-75	20,-30	3-5	20-22
Чернозем на суглинках	75-80	15-20	2-3	35-45

В Украине для установления степени солонцеватости, в том числе образовавшейся в результате процессов вторичного осолонцевания, используют следующие критерии: сумма обменных натрия и калия в % к емкости катионного обмена, термодинамические характеристики (aNa / √aCa, pNa-0,5pCa) в почвенном растворе. Выделены четыре степени вторичной солонцеватости почв: несолонцеватые, слабосолонцеватые, среднесолонцеватые, сильносолонцеватые (Таблица А.7).

Таблица А.7. Классификация почв по степени вторичной солонцеватости [7]

Степень вторичной солонцеватости почв	Буферность почв								
	низкобуферные			среднебуферные			высокобуферные		
	Обменные Na+K, %	$\frac{a.Na}{\sqrt{aC_a}}$	pNa-0,5pCa	Обменные Na+K, %	$\frac{a.Na}{\sqrt{aC_a}}$	pNa-0,5pCa	Обменные Na+K, %	$\frac{a.Na}{\sqrt{aC_a}}$	pNa-0,5pCa
	Тяжелые почвы								
несолонцеватые	меньше 1	меньше 0,5	больше 1,65	меньше 3	меньше 1	меньше 1,35	меньше 5	меньше е 2	больше 1,05
слабосолонцеватые	1-3	0,5-1,0	1,65-1,35	3-6	1-3	1,35-0,87	5-10	2-7	1,05-0,50
среднесолонцеватые	3-6	1,0-3,0	1,35-0,87	6-10	3-7	0,87-0,50	10-15	7-10	0,50-0,35
сильносолонцеватые	больше 6	больше 3,0	меньше 0,87	больше 10	больше 7	меньше 0,50	больше 15	больше 10	меньше 0,35
	Легкие почвы								
несолонцеватые	меньше 3	меньше 1	больше 1,35	меньше 5	меньше 2	больше 1,05	меньше 6	меньше 3	больше 0,87
слабосолонцеватые	3-6	1-3	1,35-0,87	5-10	2-7	1,05-0,50	6-12	3-8	0,87-0,44
среднесолонцеватые	6-10	3-7	0,87-0,50	10-15	7-10	0,50-0,35	12-16	8-12	0,44-0,27
сильносолонцеватые	больше 10	больше 7	меньше 0,50	больше 15	больше 10	меньше 0,35	больше 16	больше 12	меньше 0,27

Примечание: 1. Класификация приведена согласно ДСТУ 3866-99 Ґрунти. Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної солонцюватості
2. Тяжелые почвы – тяжелосуглинистые и легкоглинистые почвы, легкие почвы – легкие и средние суглинки

А3. Критерии оценки гипсированности почв

К настоящему времени гипсоносные почвы достаточно хорошо изучены. Имеется большое количество публикаций, посвященных диагностике, генезису и мелиорации гипсоносных почв. По свойствам диагностического гипсового горизонта Н.Г. Минашина и Л.Л.Шишов (2002) предлагают выделять: коровые, гажевые, зернистые, сегрегационные, арзыковые и шестоватые горизонты [8].

Согласно Классификации и диагностике почв СССР (1977), предложено разделение почв по наличию интенсивно загипсованных (более 10% $CaSO_4*2H_2O$ в валовом составе) горизонтов, залегающих глубже 20 см от поверхности. При этом разделение почв проводится по глубине верхней границы гипсового (интенсивно загипсованного) горизонта; по содержанию гипса; по мощности гипсового горизонта и по строению гипсовых новообразований [11]. Показатели и критерии оценки гипсовых горизонтов согласно [16] приведены в Таблице А.8.

Таблица А.8. Показатели и критерии оценки гипсовых горизонтов [16]

№ п/п	Показатели	Критерии оценки
1	Глубина верхней границы гипсового горизонта, см	Поверхностно-гипсоносные (граница в слое 0-20 см) Высокопрофильно-гипсоносные (20-50 см) Среднепрофильно-гипсоносные (50-100 см) Глубокогипсоносные (100-200 см) Гипсоносные подстилающие породы (глубже 200 см)
2	Содержание гипса ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$),%	Слабогипсоносные (2-10%) Среднегипсоносные (10-20%) Сильногипсоносные (20-40%) Очень сильногипсоносные (более 40%)
3	Мощность гипсового горизонта, см	Маломощные <30 Среднемощные 30-100 Мощные >100
4	Преобладающие размеры гипсовых новообразований, мм	Мучнистый (микрокристаллический) <0,1 Мелкокристаллический 0,1-1,0 Среднекристаллический 1-5 Крупнокристаллический >5
5	Морфология гипсовых новообразований	Мучнистый гипс (образует сплошной гипсовый горизонт, в составе которого, кроме гипса, присутствуют карбонаты кальция и легкорастворимые соли) Мелкоконкреционный (образующие мелкие конкреции типа «пшена» или «рисовых зерен», раздавливаются пальцами) Скопления мелкокристаллического гипса в виде «червячков», выделяются по порам и ходам корней; резко уплотняют почвенный горизонт «Псевдопесок» – среднекристаллические гипсовые кристаллы; напоминающий песок Шестоватый (губчатый) мелкокристаллический гипс Гипсовые «розы» и пластины прозрачного желтоватого стекловидного гипса

А4. Критерии оценки карбонатности почв

При характеристике засоленных почв обязательно оценивают их карбонатность, используя в качестве показателей верхнюю границу вскипания от 10%-ной HCl, свойства горизонта максимального скопления карбонатов и другие. По верхней границе вскипания почвы можно разделить на поверхностнокарбонатные, вскипающие в слое 0-20 см, высокопрофильнокарбонатные с верхней границей вскипания в пределах 20-40 см, среднепрофильнокарбонатные, вскипающие на глубине 40-100 см и глубококарбонатные, вскипающие на глубине 100-200 см.
Оценка карбонатности почв, согласно « Классификации и диагностике почв СССР» (1977), проводится по наличию в профиле почв и в подстилающих породах сильноокарбоначенных (более 30% $CaCO_3$) горизонтов [11]. Группировка почв по содержанию $CaCO_3$ в карбонатном горизонте, по глубине, мощности и сложению сильноокарбоначенных (более 30% $CaCO_3$) горизонтов представлена в Таблицах А.9- А.10.

Таблица А.9. Группировка почв по степени карбонатности

Степень карбонатности почв	Содержание щелочноземельных карбонатов, %
Слабокарбонатные	≤ 2
Карбонатные	2-15
Среднекарбонатные	15-25
Сильнокарбонатные	25-50
Очень сильнокарбонатные	>50

Таблица А.10. Разделение почв по наличию в профиле почв и подстилающих породах сильноокарбоначенных (более 30% $CaCO_3$) горизонтов [11].

№ п/п	Показатели	Критерии оценки
1	Глубина верхней границы сильноокарбоначенного слоя, см	-поверхностноокарбоначенные <30 -высокоокарбоначенные 30-60 -неглубокоокарбоначенные 60-100 -глубокоокарбоначенные 100-200 -глубиннноокарбоначенные >200
2	Мощность сильноокарбоначенного слоя, см	-маломощные <40 -среднемощные 40-100 -мощные >100
3	Сложение сильноокарбоначенного слоя	-рыхлые -фрагментарно-плотные -монолитно-плотные

А5. Распространение засоленных почв в отдельных странах Евразийского региона. Краткий обзор

Азербайджан (Алиев А.Г., Сафарли С. А). Территория Республики Азербайджан отличается огромным разнообразием природно-климатических условий и факторов почвообразования. Здесь встречаются девять из одиннадцати климатических зон, имеющихся на Земном шаре. Рельеф представлен от низменных равнин, расположенных ниже уровня моря, до высоких гор Южного Большого и Малого Кавказа.

Общая площадь засоленных земель в республике составляет порядка 600 тыс.га. Процессы засоления почв создают большие трудности и ограничивают развитие сельского хозяйства. Наиболее подвержены засолению почвы Кура-Араксинской низменности. Хотя часть этих земель обеспечена коллекторно-дренажной сетью, для их промывки и оздоровления требуется дополнительное количество пресной воды.

В настоящее время около 633.8 тыс.га орошаемых земель (43.8%) в различной степени засолены. Засоление почв оказывает негативное влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур, возделываемых на пахотных угодьях. При этом урожайность сельскохозяйственных культур снижается в среднем на 23% при слабом засолении, на 47% - при среднем засолении и до 85% - при сильном засолении почв.

В результате проведения широкомасштабных мелиоративных мероприятий в Кура-Араксинской зоне значительно расширились площади дренированных земель. Из общего фонда мелиорированных земель (593 тыс. га), на площади 310.4 тыс. га существует открытая сеть горизонтального дренажа, более 264.4 тыс. га заняты закрытым дренажом и на 13.2 тыс.га. – вертикальный дренаж. Протяженность коллекторно-дренажной сети характеризуется следующими данными: закрытый дренаж -10 тыс. км, открытый дренаж – 9.7 тыс. км, коллектора различного порядка - 11.6 тыс. км [1-5].

Грузия (Санадзе Е). Общая площадь засоленных почв Грузии составляет 112 600 га (1.6%). Эти почвы встречаются на равнинах, особенно в Алазани, Эльдари и других областях. Они также встречаются в Квемо Картли - в Гардабани, Марнеули, равнинах Самгори и Крцаниси, а также иногда в Шуа Картли.

Засоленные почвы Грузии встречаются в сухой субтропической зоне. Эти участки отличаются жарким летом и бесснежными зимами, средняя температура воздуха колеблется в диапазоне от 12.1 до 12.5 °C, сумма активных температур - 4000-4500 °C и вегетационный период составляет 7 месяцев. Среднегодовое количество осадков в пределах 380-600 мм, достигает минимума в зимний период и пика в мае и июне. Коэффициент увлажненности колеблется в пределах от 0.33 и 0.50.

Засоленные почвы в основном присутствуют в межгорных депрессиях, на аллювиальных равнинах или в районах сухих озер. Они встречаются на элементах рельефа, приуроченных к молодым депрессиям или в возвышенных местах. Материнские породы представлены аллювиальными и пролювиально-делювиальными солевыми отложениями и глинами. Что касается естественной растительности, эти почвы в основном заняты степными видами и образованиями.

Засоленные почвы Грузии можно разделить на две большие группы: солончаки и солонцы. Эти две группы обладают очень разными свойствами, хотя и являются генетически связанными. Засоление почв в основном обусловлено наличием сульфатов натрия, глауберовских солей и хлоридов. Они отличаются высокой щёлочностью, плохой воздухо- и водопроницаемостью, что вызвано тяжелым гранулометрическим составом почв, плохой структурой и высоким содержанием монтмориллонита. Засоленные почвы различной степени засоления требуют различных подходов для улучшения свойств, их улучшение тесно связано с гидромелиоративными, агромелиоративными и агротехническими мероприятиями.

Молдова (В.Ф. Филипчук, Ю.Г. Розлога). Основные ареалы распространения засоленных почв республики приурочены к поймам внутренних и приграничных рек. В настоящее время из 250 тысяч га пойменных земель освоены около 180 тысяч га. В результате зарегулирования речного стока и исключения паводковых разливов в пойменных ландшафтах установился устойчивый режим остепнения, который на первых стадиях способствует усилению процессов испарительного галогенеза в системе почва - грунтовая вода, а впоследствии интенсифицирует процесс осолонцевания почв.

Исследованиями [17] было установлено, что основные формы деградации почв в пойменных ландшафтах (засоление и осолонцевание) и степень их проявления в значительной степени определяются гидрогеологическими факторами миграции и накопления солей в системе почва - грунтовая вода. Поэтому в качестве основных критериев районирования определены следующие показатели: степень дренированности территории; формы вертикального водо-солеобмена между зоной гипергенеза и нижележащими комплексами отложений; фоновый тип солевых аккумуляций; степень засоления и осолонцевания. По характеру водной миграции солей, степени проявления процессов галогенеза в системе почва - грунтовая вода и по типу химизма солевых аккумуляций на территории Молдовы выделены: мелиоративные провинции, мелиоративные области и мелиоративные группы почв.

Основываясь на указанных критериях, проведено мелиоративное районирование пойменных земель для технико-экономического обоснования мелиорации засоленных почв (Рисунок А.1). Анализ крупномасштабных почвенно-мелиоративных и солевых карт, а также гидрогеологических режимных наблюдений показывает, что около половины площадей освоенных аллювиальных почв республики находятся в неудовлетворительном мелиоративном состоянии. Они подвержены процессам засоления, осолонцевания, заболачивания и слитизации.

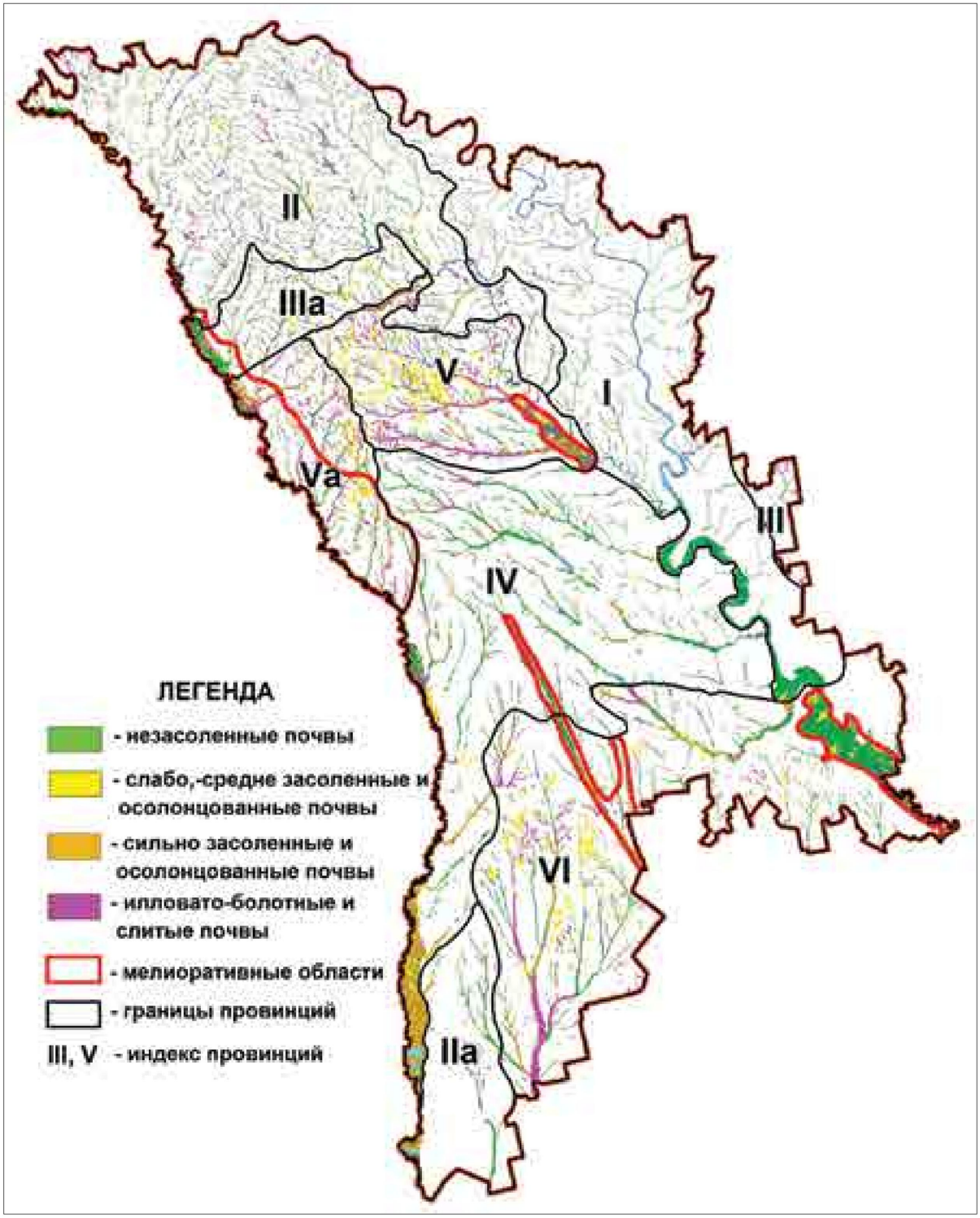


Рисунок А.1. Почвенно-мелиоративное районирование пойменных почв Республики Молдова.

Мелиоративные провинции: I – абсолютной миграции солей; II, IIa – транзита легкорастворимых солей; III, IIIa, IV – транзита и локальной аккумуляции солей в геостоковых барьерах; V, Va – интенсивной аккумуляции солей; VI – затрудненного транзита солей.

Россия (Панкова Е.И.). На территории Российской Федерации засоленные почвы выделены в 42 субъектах федерации из 89. По данным земельного кадастра, площадь засоленных (несолонцовых) почв в России составляет 16.3 млн га или около 9% сельскохозяйственных земель, и более 23 млн.га (12.5%) представлены засоленными почвами солонцовых комплексов. Таким образом, около 21% площади сельскохозяйственных земель России относятся к категории засоленных [8].

Особенно широко распространены засоленные почвы на юге России в пределах полупустынной, сухостепной, степной и лесостепной зон. В некоторых регионах, например, на территории Астраханской области, Республики Калмыкия, Республики Дагестан, Новосибирской области и др., засоленные и солонцовые почвы занимают до 30% и более от площади пахотных земель. В этой связи проблема использования и мелиорации засоленных почв для южных регионов России стоит очень остро.

На юге европейской части страны господствуют почвы солонцовых комплексов с хлоридным и сульфатным химизмом засоления, часто с повышенной щелочностью в солонцовом и подсолонцовом горизонтах. На юге Западной Сибири преимущественно господствуют почвы содового засоления; в юго-восточной части Сибири засоленные почвы распространены локально, в основном в замкнутых котловинах и долинах рек. Особенно это касается орошаемых земель, которые приурочены к южным территориям, где обычно широко развиты засоленные почвы или существует угроза вторичного засоления. Наибольшую практическую значимость на территории России имеют засоленные почвы сельскохозяйственных угодий юга Европейской России и Западной Сибири.

Центральноазиатский регион (Аральский регион, ранее называемый Средняя Азия) охватывает пять государств - Казахстан, Киргизскую Республику, Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан. Обязательным элементом засушливых ландшафтов этого региона являются засоленные почвы, что обуславливает значительные риски и угрозы для сельскохозяйственного производства, функционирования экосистем и биоразнообразия. В настоящее время Аральский регион относится к району экологического кризиса, где одной из главных проблем является проявление вторичного засоления, деградация и опустынивание значительных площадей.

Анализ природных условий Аральского региона позволяет констатировать, что предпосылкой широкого развития засоления в Центральной Азии являются: аридный климат, строение рельефа и гидрогеологические условия территории. Бессточность Туранской равнины, ее горное обрамление способствовали формированию геохимических потоков, выносящих и складирующих легкорастворимые соли в замкнутые котловины и бессточные депрессии – в зоны длительной аккумуляции солей. Аридный климат, определяющий особенности современных биоклиматических условий региона, способствует сохранению реликтовых солевых запасов, а также приводит к активному современному соленакоплению. Территории с реликтовым засолением являются доминирующими и охватывают огромные ареалы в среднем и нижнем течении рек бассейна Аральского моря [16].

Области высокой засоленности почв в верховьях основных рек – в Таджикистане и Кыргызской Республике - сравнительно малы. Наиболее страдают от проблем засоления почв государства в нижнем течении рек - Казахстан, Туркменистан и Узбекистан [9, 14, 19].

Украина (Балюк С.А, Дрозд Е.Н.). По данным Государственного земельного кадастра Украины, земельный фонд страны составляет 60.3 млн.га, из них земли сельскохозяйственного назначения – 41.6 млн. га (69% от общей площади Украины), пашня – 32.5 млн.га (53.9%). Украина обладает высоким потенциалом благодаря значительным площадям почв с высоким естественным плодородием. В структуре почвенного покрова Украины доминируют почвы черноземного типа, которые занимают площадь около 27 млн. га (65% от общей площади сельскохозяйственных угодий). 75% территории Украины по природному увлажнению находятся в неблагоприятных или ограниченно благоприятных для сельскохозяйственного производства климатических условиях, что в значительной степени влияет на его эффективность.

Засоленные почвы Украины преимущественно распространены в суббореальном поясе, в лесостепной и степной природных зонах. Условно их можно разделить на два вида – природно засоленные и вторично засоленные. Классификационно они представлены черноземами засоленными и солонцеватыми (преимущественно на не лёссовых породах), черноземами луговыми, лугово-черноземными, лугово-каштановыми, луговыми, аллювиальными луговыми, темно-каштановыми и каштановыми солонцеватыми почвами, солонцами солончаковыми и солончаками.

Данные о площадях засоленных почв размещены в земельном и мелиоративном кадастрах. Солонцовые почвы при этом включены в группу засоленных почв, но подлежат и отдельному учету из-за необходимости применения специальных мелиоративных мероприятий их освоения и использования. Большинство засоленных почв Украины распахиваются, исключая сильно засоленные разновидности и солончаки [15, 18].

Список литературы к Приложению А

1	Алиев Б.Г. Проблема опустынивания в Азербайджане и пути ее решения. Баку. 2005. 330 с.
2	Алиев Б.Г. Техника орошения в Азербайджане. Баку. 1994. 236 сс.
3	Алиев Г.А. Почвы Азербайджана. 1959. 122 сс.
4	Волобуев В.Р. Засоление почв в Азербайджане в естественно-историческом и мелиоративном освещении. Баку. 1948.
5	Волобуев В.Р. Почва и климат. Баку. 1953. 320 сс.
6	Воробьева Л.А., Замана С.П. Природа щелочности почв и методы ее определения // Почвоведение. 1984. № 5. С. 134-139.
7	ДСТУ 3866-99 Ґрунти. Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної солонцюватості (Классификация почв по степени солонцеватости)
8	Засоленные почвы России (под ред. Л.Л. Шишова и Е.И. Панковой). Москва. 2006. 854 сс.
9	Засуха. Оценка управления и смягчения эффектов для стран Центральной Азии и Кавказа. 2005. Отчет №31998-ECA, Всемирный банк.
10	Классификация и диагностика почв России. Смоленск. 2004. 342 сс.
11	Классификация и диагностика почв СССР. Москва. 1977. 225 с.
12	Ковда В.А. Почвы аридной зоны / В кн. Почвы аридной зоны как объект орошения. Москва. 1968. С. 5-30.
13	Ковда В.А. Солончаки и солонцы. Москва. 1937. 243 сс.
14	Многострановый проект ГЭФ/АБР «Информационная система для УУЗР», ИСЦАУЗР, АБР, 2009. Ташкент.
15	Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України. Київ. 2009. 536 сс. (Научные основы охраны и рационального использования орошаемых земель Украины)
16	Панкова Е.И., Айдаров И.П., Ямнова И.А., Новикова А.Ф., Благоволин Н.С. Природное и антропогенное засоление почв бассейна Аральского моря. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1996. 187 с.

17	Ропот Б.М., Розлога Ю.Г., Филипчук В.Ф. Почвенно-мелиоративная характеристика пойменных земель Молдовы. Сб. научн. ст. Алматы. 2010. С. 173-178.
18	Хімічна меліорація грунтів (концепція інноваційного розвитку). Харків. 2012. 129 сс. (Химическая мелиорация почв (концепция инновационного развития)
19	Bucknall J., Klytchnikova I., Lampietti J., Lundell M., Scatasta M., Thurman M. Irrigation in Central Asia: social, economic and environmental considerations. 2003. Washington, DC.
20	Szabolcs I. Salt-Affected Soils. Florida: CRC Press, Inc. Boca Raton. 1989. 274 pp.

Приложение В.
Оценка пригодности воды для орошения

Балюк С.А., Ромащенко М.И., Носоненко А.А., Захарова М.А., (Украина)

Первые системы оценки качества поливных вод базировались только на учете степени их минерализации и предназначались для определения опасности вторичного засоления почв. В дальнейшем было осуществлено несколько попыток классифицировать оросительные воды по опасности вторичного осолонцевания почв. В частности, в США начали оценивать качество воды по коэффициенту адсорбции натрия SAR, который определялся как отношение концентрации катионов натрия к корню квадратному из суммы концентраций катионов кальция и магния, разделенной на два [1]. В более современных системах оценки поливных вод, разработанных учеными разных стран [1-3, 8-10], предлагаются комплексные оценки пригодности воды для орошения, учитывающие различные аспекты воздействия оросительных вод в зависимости от особенностей почв разных регионов, загрязненности вод тяжелыми металлами, пестицидами, механическими частицами, бактериального загрязнения и т.п.

На основе обобщения результатов многолетних собственных исследований, отечественных и мировых разработок, коллективом лаборатории плодородия орошаемых и солонцовых почв Национального научного центра «Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского» под руководством С. А. Балюка была создана методика экспериментально-экспертной оценки пригодности воды и почвы. В нее были включены критерии оценки качества поливных вод по опасности засоления, осолонцевания, ощелачивания почв и токсического воздействия на растения, с учетом буферных свойств почв и термодинамических подходов.

Методической основой предложенного варианта экспериментально-экспертной оценки стала аналитически согласованная характеристика ионно-солевого состава (ИСС) воды и почвы. Было выделено три класса пригодности воды для орошения различных групп почв по их буферности: пригодные, ограниченно пригодные и непригодные, предельные уровни которых было предложено определять по сумме показателей. Эта система оценки качества воды для орошения стала обязательной для применения в Украине, поскольку на ее основе был разработан и введен в действие Государственный стандарт Украины ДСТУ 2730-94 «Качество природной воды для орошения. Агрономические критерии» [5]. По результатам практического применения этого стандарта службами Госводагентства и гидрогеолого-мелиоративными экспедициями Украины в течение 20 лет ДСТУ 2730-94 был усовершенствован [6].

Стандарт регламентирует качество поливных вод по химическим критериям и их параметрам, влияющим на солевой состав твердой и жидкой фаз почв, который определяет опасность их ирригационного засоления, осолонцевания, ощелачивания, а также физиологическое токсическое действие оросительной воды на органы вегетирующих сельскохозяйственных растений.

Оценку качества оросительной воды по опасности ощелачивания почвы следует производить на основе оценки водородного показателя (pH), токсичной щелочности и щелочности от нормальных карбонатов. Класс качества воды определяют по двум худшим из трех количественных показателей.

Качество оросительной воды по опасности осолонцевания почв следует определять по величине отношения (в процентах) суммы щелочных катионов натрия и калия (мэкв / дм^3) к сумме всех катионов (мэкв / дм^3) с учетом основных типов орошаемых почв, их противосолонцующей буферности и гранулометрического состава, величины превышения в оросительной воде содержания катионов магния над катионами кальция (в случае, если такое превышение имеет место) и класса воды по опасности ощелачивания почв [56

В Таблице В.1 приведена система оценки качества воды по опасности ее физиологического токсического воздействия на органы вегетирующих сельскохозяйственных растений. В природных водах наиболее токсично влияют на надземные органы растений, особенно в первые фазы их развития, высокая щелочность или кислотность в момент попадания воды на растения, а также ионы $C1^-$, NO_2^-, NO_3^-, NH_4^+, CO_3^{2-}, сероводород.

Таблица В.1. Оценка качества оросительной воды по опасности ее токсического воздействия на растения при поливах дождеванием

Показатели качества воды			Токсичные ионы , эквивалентов Cl	Класс качества води
pH	CO_3^{2-}, мэкв/дм^3	CL^-, мекв/дм^3		
от 6,5 до 7,5	0	меньше чем 3,0	меньше чем 15	I
от 5,5 до 6,4 от 7,6 до 8,8	от 0,1 до 0,6	от 3,0 до 15,0	от 15 до 40	II
больше чем 8,8 меньше чем 5,5	больше чем 0,6	больше чем 15	больше чем 40	III

Существует также система оценки качества оросительной воды по опасности осолонцевания почв по термодинамическим показателям этой воды относительно почв с низкой, средней и высокой противосолонцующей буферностью. Если классы качества воды, определенные по содержанию солонцующих катионов и термодинамическим показателям, не будут совпадать: окончательная оценка дается по содержанию солонцующих катионов, поскольку при этом учитывается гранулометрический состав почв. Оценивать качество обычных, не загрязненных специфическими соединениями оросительных вод по опасности их токсического воздействия на растения следует по водородному показателю pH, щелочности от нормальных карбонатов и содержанию аниона хлора.

Также разработан государственный стандарт [7] (совместно с сотрудниками института водных проблем и мелиорации НААН), который устанавливает обязательные экологические критерии и показатели оценки качества природных вод Украины, используемых для орошения всех почв и сельскохозяйственных культур (кроме риса). Положения этого стандарта распространяются на природные поверхностные и подземные воды.

Экологические критерии устанавливают нормативы качества природной воды для орошения с учетом необходимости соблюдения требований санитарно-гигиенической безопасности и охраны окружающей среды от загрязнения. Результаты оценки являются основой для определения и нормирования допустимых антропогенных нагрузок при орошении.

Оценку качества поверхностных и подземных вод при ведении орошения выполняют по показателям, характеризующим: (i) химический состав; (ii) общеэкологическое качество и фитотоксичность; (iii) санитарно-токсикологическую и водно-миграционную способность химических элементов и веществ; (iv) бактериологическое загрязнение; (v) содержание радиоактивных веществ (нормируются согласно специального нормативного документа).

При оценке качества природной воды для орошения по экологическим критериям выделяют три класса воды: I класс - пригодна; II класс - ограниченно пригодна; III класс - непригодна. Воду второго класса используют для орошения в условиях экологического контроля и обязательного применения комплекса агромелиоративных мероприятий. Вода третьего класса непригодна для орошения без предварительного улучшения ее состава и свойств. Если по разным группам показателей вода отнесена к разным классам качества воды для орошения, общую оценку осуществляют по худшему показателю.

Нормирование качества воды для орошения по экологическим критериям согласно [7,8] следует проводить по двум группам показателей качества воды:
а) первая группа - свойства воды и содержание веществ, которые в определенном количестве необходимы для нормального функционирования почв. Нормирование показателей осуществляется с позиций биологической полноценности и положительного влияния на экологическое состояние объектов окружающей природной среды;
б) вторая группа - свойства воды и содержание веществ, которые негативно влияют на состояние и функционирование агроэкосистемы и компонентов окружающей природной среды. Нормирование показателей осуществляется по степени пригодности воды для орошения.

Первая группа включает такие обще-экологические и эколого-гигиенические показатели:
- содержание азота;
- содержание микроэлементов (марганца, железа, меди, бора, кобальта, цинка, молибдена) и фтора;
- биологическая потребность в кислороде (БПК5).

Вторая группа включает следующие показатели:
а) эколого-токсикологические: (1) содержание тяжелых металлов (свинца, ртути, кадмия, селена, мышьяка, хрома общего, висмута, никеля, ванадия); (2) содержание пестицидов; фенолов, цианидов; нефти и нефтепродуктов; содержание детергентов;
б) санитарно-бактериологические: наличие (1) бактерий группы кишечной палочки (коли-индекс); (2) фагов кишечной палочки (индекс коли-фагов); (3) патогенной микрофлоры; (4) жизнеспособных яиц гельминтов;
(в) радиоактивные вещества.

Оценка качества природной воды для орошения по содержанию микроэлементов и тяжелых металлов приведена в Таблице В.2.

Таблица В.2. Оценка качества природной воды для орошения по содержанию микроэлементов и тяжелых металлов, миллиграммы на литр

Название элемента	Оценка качества воды			
	I класс	II класс		III клас
Алюминий	меньше 2,0	от 2,0	до 5,0	больше 5,0
Литий	меньше 1,0	от 1,0	до 2,5	больше 2,5
Железо*)	меньше 2,0	от 2,0	до 5,0	больше 5,0
Цинк*)	меньше 0,5	от 0,5	до 1,0	больше 1,0
Марганец*)	меньше 0,5	от 0,5	до 1,0	больше 1,0
Хром (Cr^{3+})*)	меньше 0,2	от 0,2	до 0,5	больше 0,5
Молибден	меньше 0,005	от 0,005	до 0,01	больше 0,01
Ванадий	меньше 0,05	от 0,05	до 0,1	больше 0,1
Вольфрам	меньше 0,03	от 0,03	до 0,05	больше 0,05
Висмут	меньше 0,05	от 0,05	до 0,1	больше 0,1
Фтор	меньше 0,8	от 0,8	до 1,5	больше 1,5
Бор*)	меньше 0,2	от 0,2	до 0,5	больше 0,5
Селен	меньше 0,01	от 0,01	до 0,02	больше 0,02
Никель*)	меньше 0,08	от 0,08	до 0,2	больше 0,2
Медь*)	меньше 0,08	от 0,08	до 0,2	больше 0,2
Хром (Cr^{6+})*)	меньше 0,05	от 0,05	до 0,1	больше 0,1
Кобальт*)	меньше 0,02	от 0,02	до 0,05	больше 0,05
Свинец*)	меньше 0,02	от 0,02	до 0,05	больше 0,05
Кадмий*)	меньше 0,005	от 0,005	до 0,01	больше 0,01
Ртуть*)	меньше 0,002	от 0,002	до 0,005	больше 0,005
Бериллий	меньше 0,05	от 0,05	до 0,1	больше 0,1
Мышьяк	меньше 0,02	от 0,02	до 0,05	больше 0,05

**) Приоритетная группа элементов в соответствии с [3]*

Список литературы к Приложению В

1	Stansfury. M. 1998. Irrigation and water quality United States perspective. Trans 14th cong. irrigate and drainage: 585-594.
2	*http://www.cecca-water.net/file/yakubov- yakubov-zaynullo.pdf.saniiri.zzl/org.*
3	*http://www.fao.org/docrep/003.../T0234E.htm.*
4	*http://www.ars.usda.gov/services/docs/htm?docid=14567.*
5	ДСТУ 2730-94. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії. Київ. (Качество природной воды для орошения. Агрономические критерии)
6	ДСТУ 2730:2015. Якість довкілля. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії. Київ. (Качество природной воды для орошения. Агрономические критерии)
7	ДСТУ 7286:2012. Якість природної води для зрошування. Екологічні критерії. Київ. (Качество природной воды для орошения. Экологические критерии)
8	ГОСТ 17.1.2.03-90 Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения. Москва.

Приложение С.
Методы обследования состояния земель, критерии оценки и индикаторы мониторинга засоленных и солонцовых почв

С.1. Методические аспекты проведения аэрофотосъемки с беспилотного летающего аппарата (БЛА)

Балюк С.А., Соловей В.Б., Солоха М.А., Трускавецкий С.Р. (Украина)

Особенности аэрофотосъемки с беспилотного летающего аппарата (БЛА). При детальном и оперативном обследовании почвенного покрова применяются БЛА, оснащённые фотоаппаратом для съёмки в видимой части спектра солнечного излучения.

Для предварительного дешифрирования контуров солонцовых и засоленных почв проводятся следующие операции по анализу снимка:

1. Устанавливается почвенный контур по неоднородностям (прежде всего цветовым) на снимке. Характер и размеры этого контура тоже объективно отслеживаются на снимке, что было подтверждено во время инструментальных и полевых исследований параллельно со съемкой в течение последних пяти лет исследования.

2. Солонцовые и засоленные пятна, которые покрыты растительностью, отображаются на снимках растительностью в стрессовом состоянии (все злаковые и бобовые и технические культуры) с окраской более светлого оттенка по сравнению с остальной растительностью, либо её отсутствием (Рисунок С.1). На полях с посевами злаковых культур можно выявить понижения по более темному зеленому интенсивному цвету (в период апрель-май).



Рисунок С1.1. Орошаемое поле под сельскохозяйственными культурами. Солонцовое пятно не закрыто растительностью (слева). Понижение покрыто растительностью – справа (более интенсивный зелёный цвет в центре поля).

Цвет поверхности почвы зависит от содержания в ней гумуса, который, в свою очередь, косвенно устанавливается повышением влагонакопления в соответствующих формах рельефа (понижениях). В период с середины мая по середину июля злаковые в понижениях могут вымокать, что приводит к изменению окраски.

Особенности создания карты-версии на основе космических снимков.

Высокая миграционная способность легкорастворимых солей в засоленных и солонцовых почвах определяет специфическую особенность их дешифрирования – значительную эффективность анализа разновременных многоспектральных данных, отражающих состояние почвенной поверхности в сезонной динамике. Например, солончаки и солончаковые комплексы в сухостепной зоне, во влажном состоянии (весной и поздней осенью) имеют очень низкие значения оптической яркости, отображающиеся на снимках темно-серым или даже черным тоном, но летом, при высыхании, эти участки покрываются корочкой соли и на снимках имеют почти белый тон изображения.

В частности, общеизвестным является уменьшение оптической яркости растительного покрова в зеленом (0.53-0.61 мкм), ближнем инфракрасном (0.76-0.90 мкм) диапазонах спектра и её увеличение в красном диапазоне (0.62-0.68 мкм) по сравнению с незасоленными аналогами почв [3, 4].

Так, при использовании синтезированного изображения с инфракрасным каналом, нормально вегетирующие растения отображаются пурпурными цветами, а страдающие от засоления – розовыми, желтыми и зеленоватыми, в зависимости от степени угнетения, что часто связано с ростом засоления [4]. В целом же, съемка растительности в ближней инфракрасной зоне спектра (0.8-2.5 мкм) позволяет распознать угнетение растений даже на ранних стадиях засоления почв, когда видимых признаков засоления на их поверхности еще не обнаружено. Например, оптическая плотность мезофильных трав в ближней инфракрасной зоне спектра начинается снижаться с повышением засоления почв более 0.2-0.4% [3].

В условиях низменного Среднего Приднепровья Украины, на территориях с неглубоким залеганием минерализованных грунтовых вод и значительным распространением солонцовых комплексов, космическая съемка позволяет по состоянию и характеру растительности надежно оконтурить почвы различной степени гидроморфности и солонцеватости. При этом, уточнение генетического статуса почв осуществляется в ходе сопряженных наземных обследований.

C.2. Методы оценки направленности современных процессов соленакопления в почвах по данным разовых солевых съемок

Балюк С.А. (Украина), Айдаров И.П. (Россия)

При нестабильном водном режиме и других природных факторах оценку направленности процессов соленакопления можно выполнить, используя массовые данные разовых солевых съемок. Процедура оценки состоит в статистической обработке данных и установлении законов распределения случайных величин содержания токсичных солей (или отдельных ионов) в расчетном двухметровом слое почв, исключающем влияние сезонных изменений содержания солей [6].

Для практических расчетов можно использовать более простой метод обработки массовых данных. Этот метод широко используется в гидрологии и мелиорации. Метод основан на сопоставлении среднеарифметической величины содержания солей в расчетном слое (x_0) с содержанием солей, соответствующим 50% обеспеченности (x).

Показателем направленности и относительной интенсивности процесса соленакопления может служить разность $\pm(x - x_0)$. Значение $x_0 = \frac{\sum_c}{N}$. Для определения значения (x) данные по содержанию солей в расчетном слое ранжируются в убывающем порядке, после чего определяется номер точки солевой съемки (к), в которой содержание солей соответствует 50% обеспеченности. $K = p/100(N + 0.3) + 0.4$; где: $p = 50\%$; N – объем выборки (число точек солевой съемки). Значение K округляется до целого числа. Случай, когда $(x - x_0) = 0$ соответствует нормальному закону распределения случайных величин содержания солей и свидетельствует о стабильности солевого режима. Этот случай в природе встречается очень редко.

Случай, когда $(x - x_0)$ больше или меньше нуля соответствует ассиметричному логнормальному закону распределения и характерен для нестабильного водного и других режимов почв. $(x - x_0) > 0$ свидетельствует о современных процессах соленакопления; $(x - x_0) < 0$ – о процессах современного рассоления.

Пример статистических расчетов

Опытно-производственный участок площадью 500 га расположен в совхозе № 5 Голодной степи в зоне влияния Магистрального Голодностепского канала. Расчетный слой – 2 м, число точек – 60, уровень грунтовых вод ≥3-5 м, минерализация грунтовых вод 5-15 г/л.

Расчеты выполнены по содержанию ионов Cl- [2]. Результаты расчетов приведены в Таблице C.1.

Таблица C.1. Результаты статистических расчетов

X, %	X_0, %	Направленность процессов соленакопления
0,032	0,023	Прогрессирующее засоление почв

С.3. Организация обследования и критерии оценки состояния орошаемых земель в Украине

Балюк С.А. (Украина)

Исходной информацией для организации (выбора ключевых площадок) эколого-агромелиоративного обследования и мониторинга являются следующие материалы:

а) при мониторинге отдельных орошаемых массивов, территориально расположенных в пределах одного или нескольких сельскохозяйственных предприятий, необходимо, прежде всего, изучить имеющиеся почвенные, почвенно-мелиоративные карты аналогичного масштаба, картограммы содержания питательных элементов, планы землепользования, книги истории полей, данные предыдущих обследований, в т.ч. солевых съемок и другую информацию о сельскохозяйственном использовании полей севооборотов (статистические данные и данные землепользователей об урожаях сельскохозяйственных культур);

б) при региональном мониторинге кроме этих материалов следует использовать материалы гидрогеолого-мелиоративных и водохозяйственных служб по изучению эколого-мелиоративного состояния земель, данные оперативной и долговременной информации мониторинга.

Затем на картографической основе выделяются контуры типовых таксонов и в них отражаются типичные ключевые площадки. При этом учитываются особенности оросительной сети, полей севооборотов, источники атмосферного и водного загрязнения земель.

Количество «ключей» планируется с учетом не только количества типовых орошаемых или выведенных из орошения таксонов, но и прилегающих богарных земель (ключи-аналоги). Богарные ключи должны быть аналогичны орошаемым по исходным почвенным и гидрогеологическим условиям, а также по характеру сельскохозяйственного использования на момент обследования. Ключевые площадки в натурных условиях фиксируются реперами и привязываются к географической сети координат. Рассчитываются объемы полевых, лабораторных и камеральных работ, составляется техническое задание и сметная стоимость затрат. Эколого-агромелиоративная оценка и мониторинг осуществляются по следующим критериям и их показателям (Таблица С.2)

Таблица С.2. Критерии и показатели оценки эколого-агромелиоративного состояния орошаемых земель Украины [5]

Критерий	Показатель
Гидрогеологический	Средняя за вегетационно – поливной период глубина залегания уровня грунтових вод (УГВ), м, относительно критической глубины грунтовых вод ($Н_{кр.}$)
	Глубина залегания УГВ в предпосевной период, м
	Средняя за межвегетационный период глубина УГВ на рисовых системах, м
	Минерализация ГВ, г/дм^3 при УГВ менше $Н_{кр.}$, от $Н_{кр.}$ до 5,0 м
	Гидрохимический состав ГВ при УГВ меньше $Н_{кр.}$, отд $Н_{кр.}$ до 5,0 м
Инженерно-геологический	Коэффициент пористости (пахотного слоя, подпахотного слоя, мощность пород)
	Степень проявления экзогенных геологических процессов: – подтопление и затопление; – водная эрозия и дефляция; – оползни и механическое разрушение отложений; – просадки и суффозионный карст; – вторичная гидроморфизация почв и пород
Почвенно-мелиоративный	Степень засоления верхнего метрового слоя почв и зоны аэрации
	Степень подщелачивания почв
	Степень солонцеватости почв
	Глубина залегания первого от поверхности солевого горизонту, м
	Глубина залегания солонцового горизонта, м
	Гранулометрический состав, %
	Плотность сложения почвы, г/см^3
	Агрегатный состав почвы (в пахотном слое)
	Наименьшая влагоемкость, %
	Максимальная гигроскопичность, %
	Влажность устойчивого завядания, %
	Органическое вещество, %
	Минеральный азот, мг/кг: – нитратный – аммонийный
	– Фосфор в почвах, мг/кг
	– Калий в почвах, мг/кг
	Качество воды для орошения
Эколого-токсикологический	Общее загрязнение грунтовых, подземных и сбросных вод
	Загрязнение почв, мг/кг: - цинк, марганец, медь, кобальт, бор, молибден, кадмий, свинец, ртуть – остатки пестицидов (*ДДТ* и его метаболиты, гексахлоран (сума изомеров), 2, 4 *Д* – аминная соль)
Агрономический	Продуктивность сельскохозяйственных культур, т/га
	Качество растительной продукции

С.4. Основные критерии и индикаторы мониторинга земли как природного ресурса

Айдаров И.П. (Россия)

В состав мониторинга изменения природных ресурсов входят следующие критерии и индикаторы:

Изменение приземного слоя воздуха происходит, в основном, в результате нарушения природной структуры территории, естественного влагооборота и др. В состав мониторинга изменения приземного слоя воздуха входит:

- оценка изменения структуры теплового баланса поверхности орошаемых земель;
- оценка изменения количества атмосферных осадков;
- оценка изменения баланса поверхностных и почвенных вод, который определяет направленность и интенсивность гидрогеологических и почвенных процессов;
- изменение режима речного стока.

Изменение состояния растительного покрова включает:

- анализ структуры орошаемых и прилегающих земель;
- оценку изменения биоразнообразия растительного покрова;
- оценку состава севооборотов, солеустойчивости с/х растений, степени пастбищной дигрессии и продуктивности растительного покрова.

Изменение состояния поверхностных вод включает:

- оценку изменения режима речного стока;
- оценку степени зарегулированности речного стока и объема располагаемых водных ресурсов;
- оценку объема сброса коллекторно-дренажных и сточных вод, минерализации и химического состава речных вод;
- оценку состояния замыкающих элементов гидрографической сети (озера, моря).

Изменение состояния грунтовых вод включает оценку режима и минерализации грунтовых вод.

Изменение состояния почв включает оценку:

- водно-физических (пористость, ПВ, НВ, ММВ, Кф) и физико-химических (ППВ, состав поглощенных оснований, λ) свойств;
- содержания и состава гумуса, содержание доступных для растений элементов минерального питания;
- типа и степени засоления почв и распределения солей по профилю;
- баланса поверхностных и почвенных вод: $\Delta W = Oc + Op - C \pm g$, где: Ос и Ор – атмосферные осадки и оросительная вода, мм; С – поверхностный сток, мм; g - влагообмен между почвенными и грунтовыми водами, мм. Знак + означает подпитывание со стороны грунтовых вод, минус – промывной режим, мм.;
- бонитета и продуктивности почв, в зависимости от интенсивности промывного режима и засоления;
- коэффициента изотерм ионообменной сорбции Na – Ca и Na – Mg.

Оценка состояния оросительной сети и техники полива включает:

- оценку КПД системы внутрихозяйственных, межхозяйственных каналов и системы в целом и объема фильтрационных потерь. Влияние фильтрационных потерь из оросительных каналов на режим грунтовых вод прилегающих территорий и подтопление населенных пунктов;
- оценку режима орошения, в том числе оросительные нормы нетто и брутто;
- оценку техники полива и равномерности увлажнения почв по площади, минерализацию и химический состав поливных вод.

Оценка состояния коллекторно-дренажной сети включает:

- анализ гидрогеологических условий, обоснованность расчетных схем, типа и параметров систематического дренажа;
- объем, минерализация и химический состав коллекторно-дренажных вод и их утилизация (повторное применение для полива, сброс в источники орошения или естественные понижения);
- солевой баланс орошаемых дренированных земель. Используемая в настоящее время методика расчета солевого баланса имеет существенные недостатки. В уравнении баланса учитывается общий объем выноса солей дренажем, что создает неверное представление о его рассоляющем эффекте. В уравнении баланса следует учитывать только тот объем солей, который дренаж выносит из расчетного слоя почв: $\Delta G = Go - \alpha Д$, где: ΔG – изменение содержания солей в расчетном слое, т/га; Go – поступление солей с оросительной водой, т/га; $Д$ – общий вынос солей дренажом, т/га; α – доля солей, поступивших в дренаж из расчетного слоя. Значения α определяются параметрами систематического дренажа и особенностями гидрогеологических условий. Чем глубже дренаж и чем больше расстояния между дренами, тем меньше значение «α». Значения «α» изменяются от 0.4 до 0.8. Таким образом, систематический горизонтальный дренаж отводит из расчетного слоя не более 20-60 % солей [1].

Список литературы к Приложению С

1	Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. Москва. 1978. 276 с.
2	Айдаров И.П. Экологические основы мелиорации земель. Москва. 2012. 163 сс.
3	Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. Москва. 1984. 321 сс.
4	Кравцова В.И. Космические методы исследования почв. Москва. 2005. 190 сс.
5	Методика эколого-агромеліоративного обстеження зрошуваних земель. 2004. Посібник 2 до ВНД 33-5.5-11-02 «Інструкція з проведення ґрунтово-сольової зйомки на зрошуваних землях України» Харків. 2004. 22 с. (Методика эколого-агромелиоративного обследования орошаемых земель)
6	Рекс Л.М., Королькова Т.П. Определение запасов солей и эпюры исходного засоления почвогрунтового слоя // Почвоведение. 1971. № 2. С. 65-78.

Приложение D. Инновационные методы картографирования и мониторинга засоленных и солонцовых почв

D.1. Инновационные методы электромагнитной индукции и дистанционного зондирования для картографирования и мониторинга засоленных и солонцовых почв (обзор)

Конюшкова М.В. (Россия)

При картографировании и мониторинге засоленных и солонцовых почв используются два основных подхода. Первый подход основан на оперативных измерениях с помощью контактных методов (proximal sensing), к которым относятся, в основном, методы электромагнитной индукции (ЭМИ). Второй подход заключается в выявлении почвенно-ландшафтных связей в разных природно-мелиоративных условиях и составлении карт на основе этих связей. К этому направлению можно отнести методы традиционной и цифровой картографии, дешифрирование космических и аэроснимков.

Картографирование с помощью методов электромагнитной индукции

Метод ЭМИ основан на полевом площадном измерении "мнимой" электропроводности (apparent electrical conductivity, ECa) с помощью портативного прибора, переносимого вручную либо устанавливаемого на прицеп трактора (Рисунок D.1). Данные с прибора передаются на портативный компьютер; координаты регистрируются в режиме реального времени с помощью навигатора GPS. Наибольшее распространение среди приборов, измеряющих электропроводность с помощью ЭМИ, получил кондуктометр EM-38 компании Geonics (Канада), который позволяет оценить засоленность в толще 1–1.5 м. Более подробно метод описан в работах [9, 11]. Среди подобных приборов внедряется в практику DUALEM-421, который может измерять ECa на шести разных глубинах, что позволяет создавать многомерные (3-х и даже 4-х-мерные) модели распределения солей в почвах [21] (Рисунок D.2).



Рисунок D.1. Трактор, оборудованный кондуктометром EM-38 и навигатором, и оперативная передача данных на ноутбук (USDA Salinity Lab, Riverside, USA).

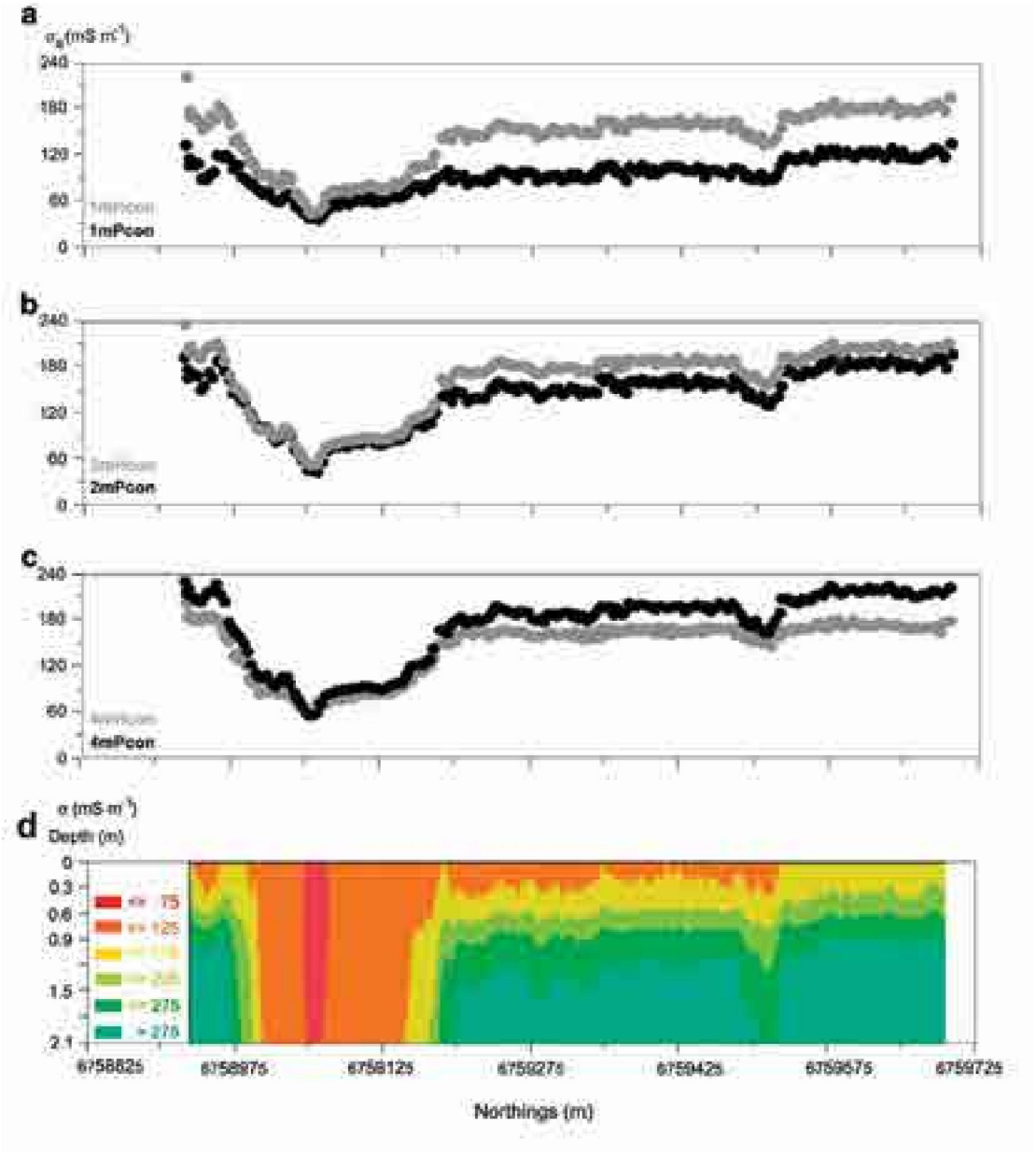


Рисунок D.2. Профиль значений мнимой электропроводности (σa, мСм/м), измеренной с помощью DUALEM-421 в горизонтальном положении (Hcon) и перпендикулярном положении прибора (Pcon) и при разном расстоянии между трансмиттером и рисивером прибора: a – 1 м, b – 2 м, c – 4 м. Оценка распределения значений электропроводности (σ, мСм/м) (d) [21].

Величина измеряемой в почве электропроводности зависит от засоления почвенного раствора, пористости, типа и количества илистых частиц в почве [16]. К существенному ограничению метода ЭМИ стоит отнести невозможность корректной оценки измерений при низкой влажности почв (т.е. в богарных условиях или при низкой влажности орошаемых почв) и неоднородном гранулометрическом составе почв и подстилающих пород. При отсутствии указанного ограничения метод позволяет дать оперативную и объективную оценку засоления на большие площади в короткие сроки. Сравнение данных, полученных с помощью метода ЭМИ, с лабораторными измерениями электропроводности экстракта почвенной пасты (образцов почв) показывает значения корреляции 0.74–0.78, при этом рисунок распределения значений полевых и лабораторных данных очень схож [10]. Более высокую точность метод дает при сопряженном измерении влажности почв. В последнем случае учет влажности позволяет разделить вклад засоления и влаги в итоговую электропроводность почв.
Использование этого метода положено в основу руководства по солевой съемке, разработанного в США и широко используемого по всему миру [19].

Картографирование с помощью данных дистанционного зондирования

Засоленность почв

При изучении засоления почв по данным дистанционного зондирования опробован целый ряд спектральных индексов, таких как индексы интенсивности, яркости, засоления и вегетационные индексы (подробнее см. [5], с. 26-28). Подобные индексы часто более наглядно иллюстрируют связь между различными состояниями изучаемого объекта и его спектральными свойствами.

Значение корреляции между уровнем засоленности почв и значением индекса определяется тем, изучается открытая поверхность почв или занятая растительностью. В случае открытой поверхности засоление почв коррелирует с индексами, рассчитываемыми на основе суммирования или перемножения яркостей отражения в видимой и ближней инфракрасной зоне спектра, и не связано с вегетационными индексами. Это обусловлено тем, что для засоленных почв существует закономерность увеличения отражательной способности в видимом (особенно голубом) и ближнем инфракрасном диапазоне при увеличении степени засоления [12, 18]. Эта закономерность нарушается при разном состоянии поверхности засоленных почв: при увлажнении, разрушении солевой корки в результате трещинообразования или вытаптывания и разном минералогическом составе солевых корок [16, 17] (Рисунок D.3).

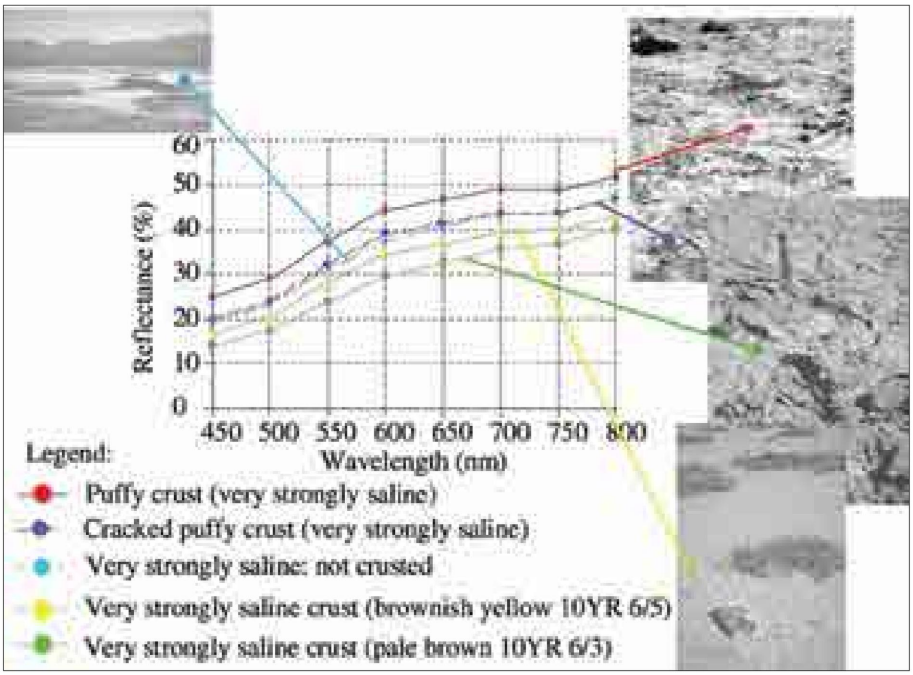


Рисунок D.3. Влияние состояния поверхности солевых корок на отражательную способность (наземные измерения с помощью радиометра Crop Scan) [16].

Если поверхность засоленных почв закрыта растительностью, то часто наблюдается высокая корреляции степени засоления почв с вегетационными индексами и индексами, рассчитанными на основе соотношения яркости в красном и ближнем инфракрасном каналах, т.к. такие индексы отражают состояние растительности: подавленное состояние в случае более высокого засоления и хорошее – в случае низкого засоления (Рисунок D.4). Подходы к дистанционной оценке засоления почв по данным NDVI или по состоянию растительности (в первую очередь, сельскохозяйственных культур) предложены во многих работах (например, [2, 7, 13, 14] и другие).

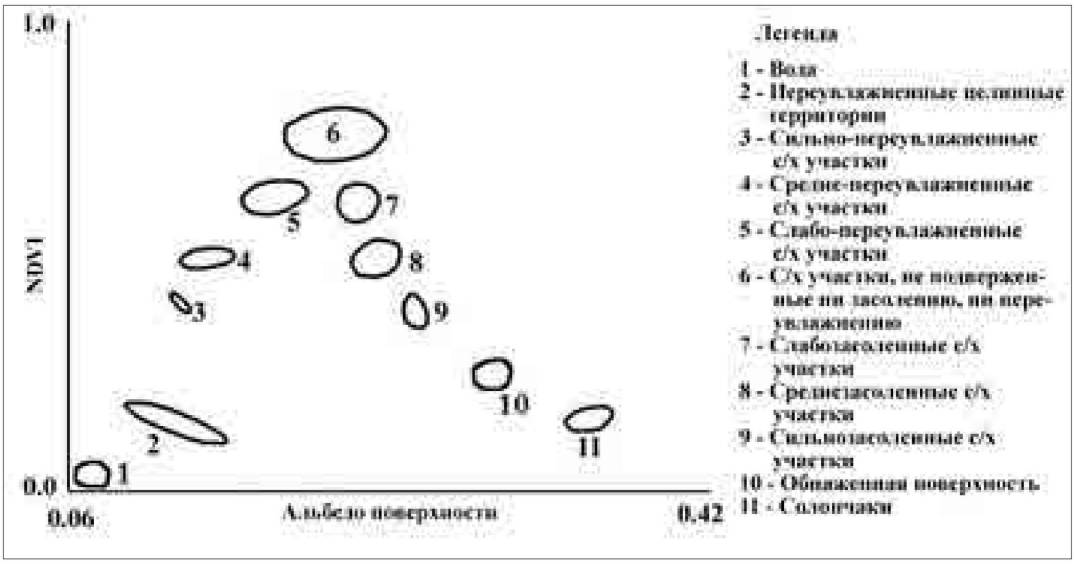


Рисунок D.4. Зависимость между альбедо и вегетационным индексом NDVI различных категорий почв: 1 – вода; 2 – 5 – почвы, подверженные переувлажнению в разной степени; 6 – почвы в хорошем состоянии; 7 – 11 - почвы, засоленные в разной степени [14].

Для засоленных почв, на которых произрастает галофитная естественная растительность (Salicornia, Spartina, Suaeda, Salsola и др.), связь между вегетационным индексом и засоленностью почв слабая, в отличие от солевыносливых культур, таких как хлопок, кукуруза, тростник, так как галофитная растительность слабо реагирует на разный уровень засоления (Рисунок D.5).

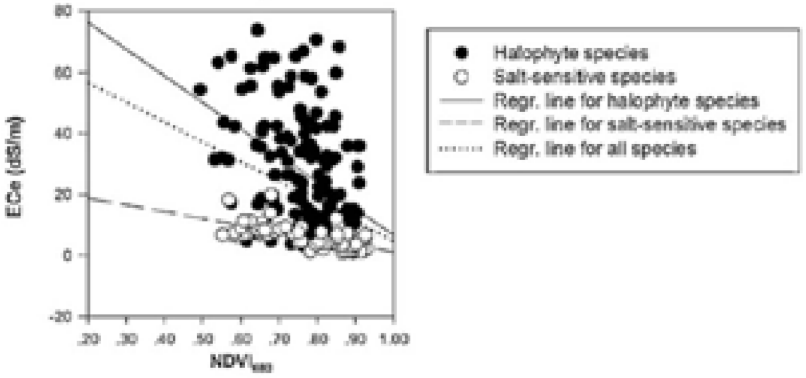


Рисунок D.5. График рассеяния между значениями NDVI (измерения с помощью полевого гиперспектрального радиометра) и электропроводности экстракта из пасты (ECe) для разных групп растений (галофитов и солевыносливых культур) [22].

Солонцовые комплексы

Подходы к картографированию и мониторингу почв солонцовых комплексов на основе данных дистанционного зондирования разработаны не так подробно, как в случае засоленных почв, но, тем не менее, представлены в публикациях. В основу подходов положен тот факт, что на разных почвах, входящих в состав солонцового комплекса, развиваются разные растительные ассоциации, и состояние растительности тесно связано с проявлением солонцеватости и засоленности в почвах [5, 20] (Рисунок D.6).

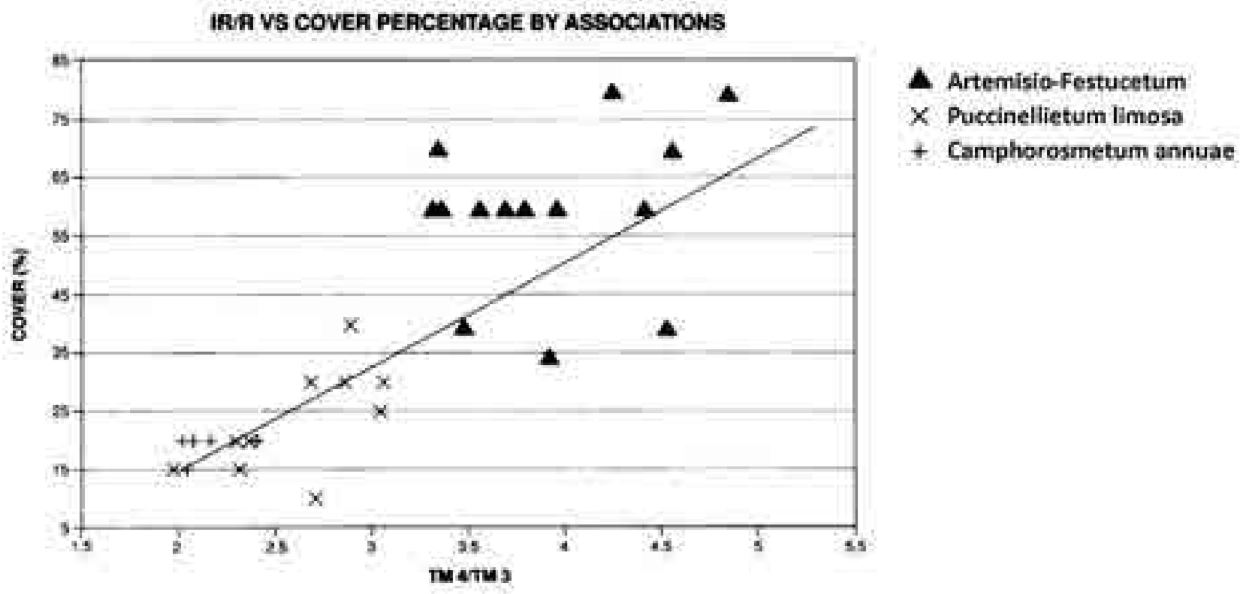
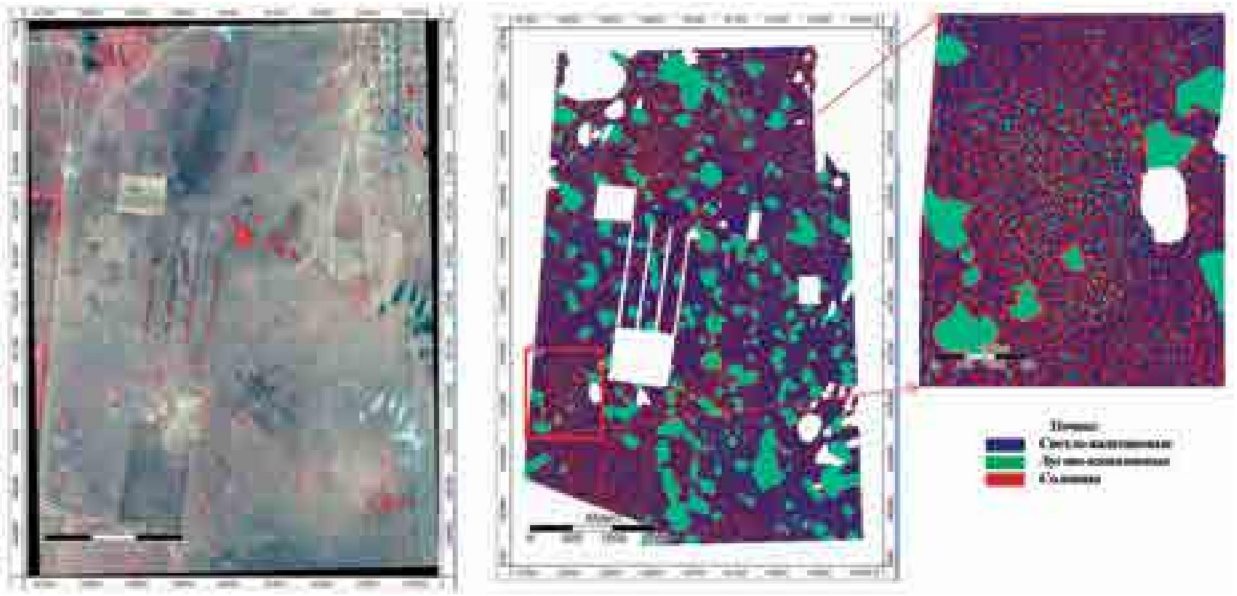


Рисунок D.6. Диаграмма рассеивания между значениями TM4/TM3 (760-900 нм/630-690 нм) и ОПП для разных растительных ассоциаций солонцовых комплексов Венгрии (спектральные измерения проводились с помощью радиометра Exotech-100) [20].

Солонцовые комплексы Северного Прикаспия картографируют с использованием детальных космических снимков (Quickbird, GeoEye, Pleiades) с помощью различий в значениях вегетационного индекса (повышенного для лугово-каштановых почв за счет густого покрова злаково-разнотравной растительности) и отражении в ближнем инфракрасном канале (пониженного для солонцов за счет напочвенного покрова из мхов, лишайников, ветоши). Инструкция по составлению цифровой почвенной карты солонцовых комплексов Северного Прикаспия на основе автоматизированного дешифрирования детальных спутниковых снимков приведена в сборнике упражнений по цифровой почвенной картографии (Рисунок D.7) [8].



Снимок Quickbird (синтезированное изображение 4-3-1) *Цифровая карта солонцового комплекса*

Рисунок D.7. Пример цифровой почвенной карты солонцового комплекса, созданной на основе автоматической обработки снимка Quickbird [8].

Д.2. Компьютерный анализ снимков с помощью различных методов классификации с обучением для картографирования засоленных почв Кюрдамирского района (Азербайджан)

Сафарли С.А., Салимов Ф.Н., Талибов И.А. (Азербайджан)

В работе представлены результаты картографирования почвенного покрова и засоленности почв Кюрдамирского район Азербайджана с применением компьютерного анализа космических изображений – детальных снимков World-View. Научной основой для проведенных исследований стали работы [1, 3, 4, 6, 15].

Кюрдамирский район расположен к северо-западу от Баку, в Ширване – исторической области Азербайджана (рис. Д.1). Площадь района составляет 1,63 тыс. км^2. Основная площадь земель, пригодных для сельского хозяйства, занята пашней, пастбищами и др. (Таблица Д.1).

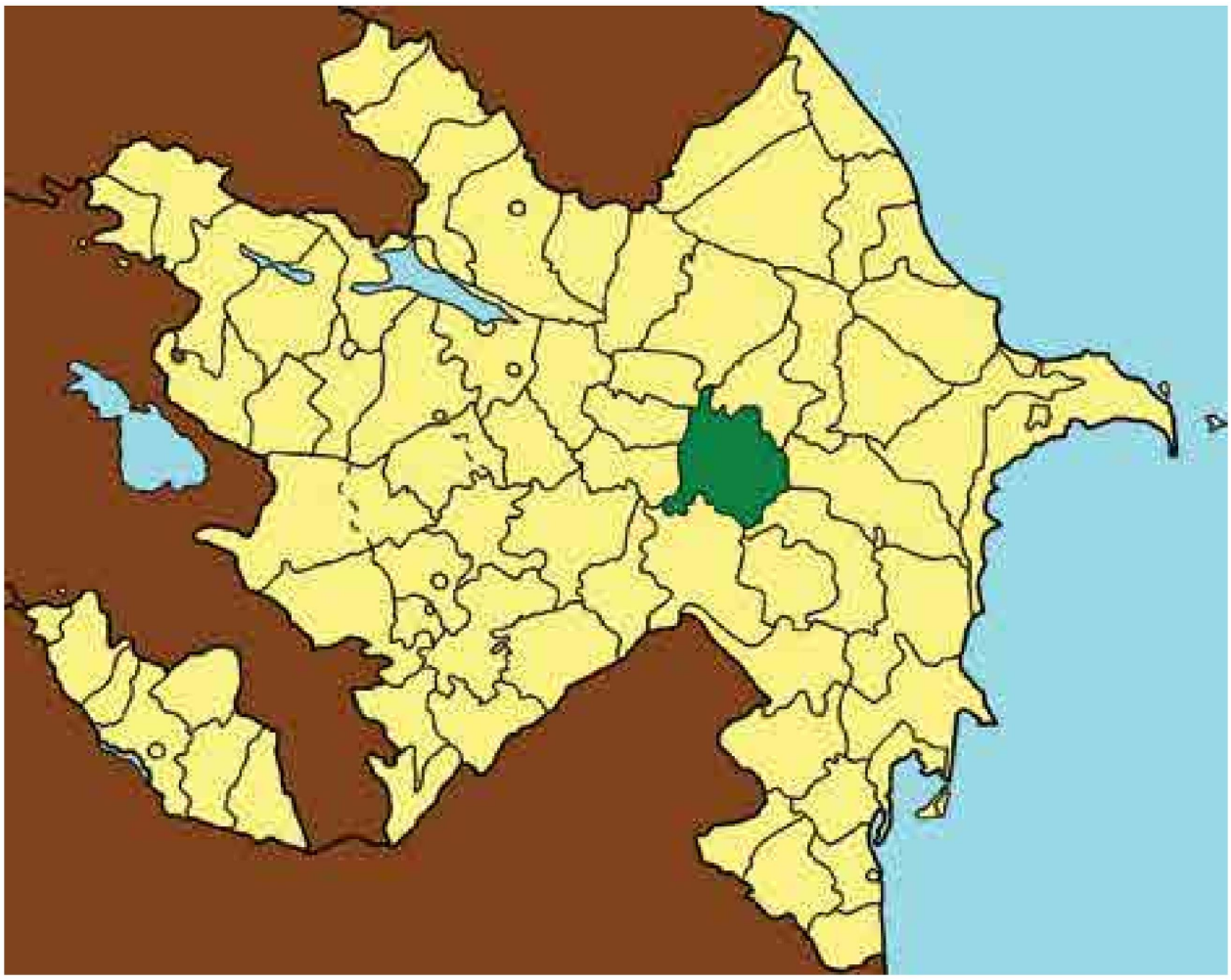


Рисунок D.8. Расположение Кюрдамирского района в пределах Азербайджана.

Таблица D.1.Распределение землепользования по Кюрдамирскому району

№	Показатели	Ед. изм.	Годы						
			1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1	Общая площадь земель	га	116190	116190	116190	116190	116190	116190	116190
2	В т.ч. пригодные с/х	га	83359	83359	83359	83359	83359	83359	83359
3	Из них посевы	га	28997	43401	48074	47946	44491	48362	49833
4	Многолетние насаждения	га	2403	2178	2144	2146	2254	2373	2384
5	Пастбища	га	51959	37780	33141	33267	36614	32624	31142
6	Лесополосы	га	739	739	739	739	739	739	739
7	Земли под паром	га	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
8	Прочие земли	га	9592	9592	9592	9592	9592	9592	9592

В почвенном покрове Кюрдамирского района преобладают сероземно-луговые (28 тыс. га), сероземно-лугово-светлые (23 тыс. га), сероземно-лугово-светлые орошаемые (14.7 тыс. га) и сероземно-луговые орошаемые почвы (15 тыс. га). Солончаки и засоленные почвы наиболее распространены в южной части района, в долине реки Куры, и их площадь составляет 3.6 тыс. га.

На опытном участке площадью 300 км^2, расположенном на восток от г. Кюрдамир, была проведена апробация новых методов картографирования, основанных на компьютерном анализе детальных космических снимков. На полигоне была осуществлена сеть полевых опробований, местоположение которых определялось особенностями почвенного покрова (опробования охватывают весь спектр типов и подтипов почв), структуры ландшафта (разные виды землепользования) и результатами рекогносцировки в полевых условиях. В результате было заложено 100 точек опробования вдоль шести поперечных трансект. Количество опробований варьировало в зависимости от изменения почвенного покрова и структуры ландшафта. Расположение точек зафиксировано с помощью GPS. Во всех точках описывалось землепользование, вид с/х культур, глубина вспашки, наличие соли на поверхности, наличие солеустойчивой растительности. В большинстве пунктов сделана фотографическая документация.

В каждой точке отобраны почвенные пробы с поверхностного слоя, с глубины 5-10 см и 3 пробы в непосредственном окружении точки на расстоянии не больше 1 м. В отобранных пробах оценено процентное содержание солей (Cl^- и $SO4^{2-}$), pH и процентное содержание карбонатов ($CaCO_3$). В нескольких точках были выкопаны неглубокие шурфы до 50 см (большая глубина была невозможна в связи с большой плотностью почв), проведено морфологическое описание и фотодокументация.

Все исследованные поверхностные горизонты почв относятся к засоленным (но не соответствуют критерию salic, т.к. содержание солей не более 2%.). Содержание солей в них в среднем 0,8-1,55%, электропроводность EC от 16 до 31 dS/m, что соответствует очень сильно засоленным почвам. Поверхностные горизонты почв сильно карбонатны – 10-13%.

Анализировался многоканальный снимок WorldView-2 от 18.08.2011 г., подверженный перед поставкой стандартной радиометрической, атмосферной и геометрической коррекции, а также ортотрансформации.

Обработка снимка для целей картографирования проводилась в программе Erdas Imagine 9.2 и состояла из следующих этапов:

1. Классификация с обучением на основе визуального выделения классов обучающей выборки
2. Классификация методом параллелепипедов (по граничным значениям яркостных характеристик класса). Цель - разделить на снимке обнаженные участки почвы и заросшие растительностью.
3. Сегментация изображения с помощью алгоритма eCognition, выделившего однородные объекты. Сопоставление полученного изображения со значениями засоленности почв в 100 точках опробования с помощью визуального и статистического анализа. Результаты показали, что корреляции между степенью засоления в верхних 5-10 см и спектральными характеристиками отсутствует. Кроме того, было выявлено, что снимок в первую очередь отражает изменение почв (на уровне типа или подтипа) и вид землепользования.
4. Включение вида землепользования в распознавание с помощью алгоритма eCognition. Выделены полигоны для следующих классов: хлопок, заросли, луг, лес, болото, пустошь, пшеница, сухие заросли, пахотные земли и другие. Гистограммы большинства классов занимают схожую область в пространстве спектральных признаков, что не позволяет разделить их между собой, за исключением пахотных территорий.
5. Классификация методом ближайшего соседа видов землепользования. Были выделены следующие классы: распаханная пашня, поля хлопка, пшеницы, луга и пастбища, болота, пустошь, леса и заросли. На этом этапе были оценены площади этих категорий земель.
6. Классификация методом ближайшего соседа почвенных выделов с учетом вида землепользования. Было выделено 17 почвенно-хозяйственных классов. Среди классов находятся как однозначно классифицированные ареалы, так и неоднозначно – те, которым приписано два или три типа почв. Хорошо выделились лугово-сероземные, сероземно-луговые почвы, сероземно-лугово-светлые почвы (точность классификации 90%, 79%, 83%, соответственно). Наиболее точно идентифицированными типами почв оказались болотно-луговые почвы (94%). Наибольшие ошибки классификации были характерны сероземно-лугово-темных почв (менее 60%).

Создание почвенной карты и карты засоленности почв изученного района. Полученные результаты и исходные материалы позволили отразить засоленность почв на итоговой почвенной карте Кюрдамирского района. Карта была создана с использованием архивных данных, но с учетом новых разработок. Основное содержание тематической карты – почвенный покров, который показывает типы и подтипы почв, и степень засоления (масштаб 1:50.000) (Рисунок D.9).

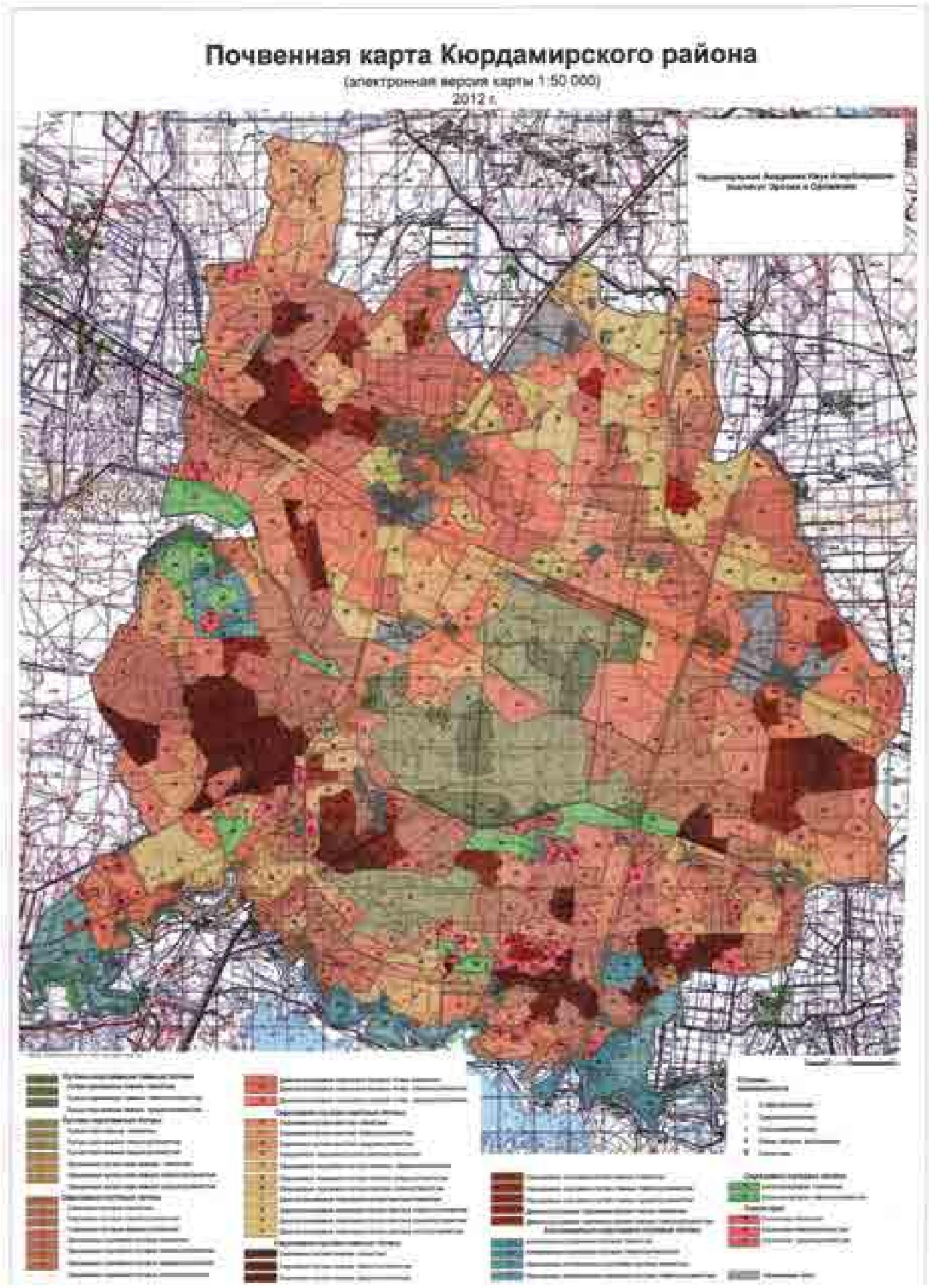


Рисунок D.9. Почвенно-ландшафтная карта Кюрдамирского района

Список литературы к Приложению D

1	Абдуев М.Р. Почвы с делювиальной формой засоления на равнинной части Азербайджана. Баку, 1960.
2	Горохова И.Н., Гаврилов В.И., Харитонов В.А. Многопараметрический компьютерный анализ в оценке засоления орошаемых почв на примере Волгоградской области // Почвоведение. 1999. № 5. С. 626-633.
3	Исмаилов А. И. Картографирование процессов засоления почв Апшеронского полуострова на базе современных информационных технологий // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. Т. 115. № 5. С. 86-89.
4	Исмаилов А. И. Применение ГИС в почвенно-экологических исследованиях в Азербайджанской республике // International Scientific Conference. 2012. V. 12. I 1. P. 268-272.
5	Конюшкова М.В. Цифровое картографирование почв солонцовых комплексов Северного Прикаспия. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 316 с.
6	Панкова Е.И., Рухович Д.И. Дистанционный мониторинг засоления орошаемых почв аридных территорий // Почвоведение. 1999. № 2. С. 253–263.
7	Панкова Е.И., Соловьев Д.А., Рухович Д.И., Савин И.Ю. Организация мониторинга засоления почв орошаемых территорий Центральной Азии с использованием данных дистанционного зондирования // Земельные ресурсы и продовольственная безопасность Центральной Азии и Закавказья (под ред. П.В. Красильникова, М.В. Конюшковой, Р. Варгаса). Рим: ФАО, 2016. С. 309-369.
8	Цифровая почвенная картография: сборник упражнений. Москва: Издательство РУДН, 2017. 185 с.
9	Akramkhanov A., Brus D.J., Walvoort D.J.J. Geostatistical monitoring of soil salinity in Uzbekistan by repeated EMI survey // Geoderma. 2014. Vol. 213. P. 600-607.
10	Corwin D.L., Kaffka S.R., Hopmans J.W., Mori Y., van Groenigen J.W., van Kessel C., Lesch S.M., Oster J.D. Assessment and field-scale mapping of soil quality properties of a saline-sodic soil // Geoderma. 2003. Vol. 114(3–4). P. 231–259.
11	Corwin D.L., Lesch S.M. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture // Computers Electronics Agriculture. 2005. Vol. 46(1–3). P. 11–43. *http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169904001243*
12	Csillag F., Pasztor L., Biehl L.L. Spectral band selection for the characterization of salinity status of soils // Remote Sensing of Environments 1993, 43 (3): 231-242.
13	Fernández-Buces, N., Siebe, C., Cram, S., Palacio, J.L. Mapping soil salinity using a combined spectral response index for bare soil and vegetation: A case study in the former lake Texcoco, Mexico // Journal of Arid Environments 2006, 65 (4): 644-667.
14	Indo-Dutch Network Project (IDNP). Result #1. A Methodology for Identification of Waterlogging and Soil Salinity Conditions Using Remote Sensing. 2002. CSSRI, Karnal and Alterra- ILRI, Wageningen. PP. 78.
15	Ismayilov F. M. Mathematical models of fertility for the soils of Azerbaijan // Eurasian Journal of Soil Science. 2015. Vol. 4. Issue 2. P. 118 – 125.
16	Metternicht G.I., Zinck J.A. Remote sensing of soil salinity: Potentials and constraints // Remote Sensing Environm. 2003. Vol. 85(1). P. 1–20.
17	Mougenot B., Pouget M., Eperma G. Remote sensing of salt-affected soils // Remote Sensing Reviews 1993, 7: 241-259.
18	Rao B., Sankar T., Dwivedi R., Thammappa S., Venkataratnam L., Sharma R., Das S. Spectral behaviour of salt-affected soils // International Journal of Remote Sensing 1995, 16: 2125-2136.
19	Soil salinity assessment: Methods and interpretation of electrical conductivity measurements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 57. FAO, Rome, 1999. 150 p.
20	Toth, T., Csillag, F., Biehl, L.L., Micheli, E. Characterization of semivegetated salt-affected soils by means of field remote sensing // Remote Sensing of Environment 1991, 37 (3): 167-180.
21	Triantafilis J., Monteiro Santos F.A. Electromagnetic conductivity imaging (EMCI) of soil using a DUALEM-421 and inversion modeling software (EM4Soil) // Geoderma. 2013. Vol. 211-212. P. 28-38.
22	Zhang T.-T., Zeng S.-L., Gao Y., Ouyang Z.-T., Li B., Fang C.-M., Zhao B. Using hyperspectral vegetation indices as a proxy to monitor soil salinity // Ecological Indicators 2011, 11: 1552-1562.

Приложение Е. Инновационные методы и технологии агролесомелиорации засоленных и солонцовых почв (на примере Прикаспийской низменности)

Е.1. Зеленые зонты на лугово-каштановых почвах солонцовых комплексов – пример устойчивого лесоразведения в Прикаспийской низменности

Сапанов М.К., Конюшкова М.В. (Россия)

На современном этапе проблема защитного лесовыращивания в аридных регионах состоит в необходимости изменения самой концепции лесомелиорации и перехода на адаптивные способы хозяйствования, обеспечивающие создание устойчивых долговечных лесных экосистем, которые могли бы существовать десятки и даже сотни лет без вмешательства человека.

До сих пор считается возможным создание недолговечных лесных экосистем, которые, к тому же, должны поддерживаться дорогостоящими агротехническими и лесоводственными приемами в течение всего времени эксплуатации. Проектный возраст искусственного возобновления на зональных типах почв сухостепной и полупустынной зоны не превышает 20-40 лет даже для самых засухоустойчивых лесных видов: дуба черешчатого, ясеня пенсильванского, вяза приземистого, клена ясенелистного, а возраст искусственного омоложения кустарников – 15 лет [2, 3, 5]. При этом значительная часть лесных культур распадается намного раньше, чем предусмотрено инструкциями и нормативами, если в них не проводить ежегодных влагосберегающих агротехнических мероприятий. Невозможность проведения таких дорогостоящих мероприятий приводит к обвальному усыханию многих культур.

Современные подходы к устойчивому лесоразведению в аридных регионах должны, на наш взгляд, удовлетворять следующим требованиям: (1) лесные экосистемы должны быть функционально необходимы, (2) малозатратны в производстве, (3) экологически безвредны и (4) долговечны [4].

Указанные составляющие могут быть обеспечены следующим образом:

(1) функциональная необходимость лесных экосистем обеспечивается, главным образом, эффективностью повышения продуктивности агроландшафта или их социальной значимостью;
(2) малозатратность создания лесных культур обеспечивается отсутствием обязательных агротехнических уходов после их ввода в эксплуатацию. При этом, режим ведения лесного хозяйства должен быть как в настоящем лесу. Иными словами, жизнестойкость насаждения не должна определяться лесоводственными уходами.

(3) экологическая безвредность насаждений по отношению к окружающему пространству может обеспечиваться, главным образом, максимальным соответствием их водного режи¬ма приходной части водного баланса территории. Данный тезис является едва ли не самым главным условием, так как лесонасаждения не должны ухудшать как свою влагообеспеченность (например, засолением грунтовых вод), так и другой растительности вблизи себя (например, аккумуляцией снега в ущерб прилегающей территории).
(4) долговременное существование насаждений может определяться как собственным долголетием посаженных деревьев и кустарников, так и их возобновительной способностью (вегетативной и семенной). При этом нормальное функционирование насаждений обеспечивается сбалансированностью приходной и расходной частей водного баланса.

Реализация данных положений вполне возможна, особенно на территориях, занятых комплексным почвенным покровом, где присутствуют локальные понижения

ЗЕЛЁНЫЕ ЗОНТЫ, лесные насаждения куртинного типа, создаваемые на пастбищах, вблизи водопойных пунктов, ферм, кошар и др. мест дневного отдыха с.-х. животных для защиты от солнцепёка и летнего зноя; одна из групп защитных лесных насаждений. З. з. чаще создают в сухо-степных, полупустынных и пустынных р-нах. З. з. состоят из 8—40 групп деревьев, или микрозонтов (каждый микрозонт из 9—25 деревьев), разделённых ветровыми коридорами шир. 6 — 20 м. Площадь микрозонта 100— 900 м2, З. з. — от 0,3 до 1,2 га. Конструкция различна; напр., для овец и крупного рогатого скота насаждения в верх, части (кронах) непродуваемые, в нижней — продуваемые, для птицы — наоборот. Расстояние между деревьями в микрозонте 3—6 м. З. з. выращивают из наиболее устойчивых для зоны деревьев и кустарников, обладающих фитонцидными свойствами. Широко используют плодовые деревья, напр, абрикос, алычу, грушу, яблоню, шелковицу и др., а также вяз приземистый, робинию лжеакацию, жимолость, к-рые служат дополнит, витаминным кормом. Для насаждений около птицеводч. ферм предусматривают посадку ягодных кустарников (смородина, ирга, вишня и др.) З. з. создают посадкой (весной или осенью) 3—5-летних саженцев выс. не менее 3 м на участках с более плодородными и увлажнёнными почвами. Осенью проводят плантажную или глубокую зяблевую вспашку, для осенней посадки почву обрабатывают по системе раннего пара. Эксплуатацию начинают через 2 года после посадки. Площадь (в м2) для одного животного при нормальном укрытии под пологом зонта: для овец 2,5—3; ягнят 1,5—2; крупного рогатого скота 10—12; телят 4—6; птицы 0,2—0,3. З. з. впервые созданы в СССР (Астраханское Заволжье) в 1958 г. [1]

рельефа с незасоленными лугово-каштановыми почвами. Таким образом, предлагается производить посадки древесных и кустарниковых насаждений (зеленых зонтов) не случайным образом, а с учетом почвенного покрова.

В северной части Прикаспийской низменности на суглинистых отложениях почвенный покров в основном представлен солонцовыми комплексами, в состав которых входят почвы, характеризуемые контрастными свойствами: малоплодородные поверхностно-засоленные солонцы, среднеплодородные светло-каштановые почвы разной степени солонцеватости и засоленности и сильноплодородные незасоленные и несолонцеватые лугово-каштановые почвы (Рисунок Е.1). Эти почвы сменяют друг друга на малых расстояниях – в среднем от 2 до 20-30 м.

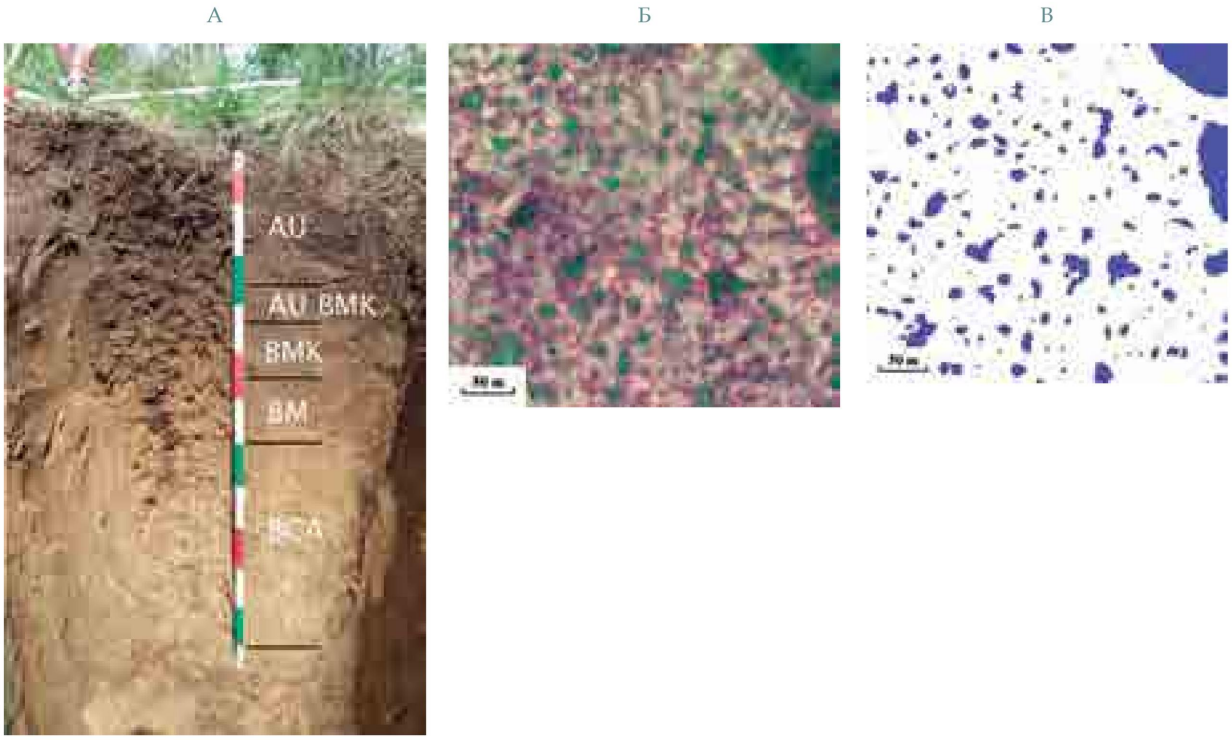


Рисунок Е.1. Незасоленные и несолонцеватые лугово-каштановые почвы на фотографии (А), детальном космическом снимке Pleiades (Б) и на карте (С). Пос. Борси, Западный Казахстан. Обозначения горизонтов: AU – темногумусовый; BMK – ксерометаморфический; BM – структурно-метаморфический; BCA – аккумулятивно-карбонатный.

Опыт лесоразведения в аридных условиях при близком залегании засоленных грунтовых вод на Джаныбекском стационаре показал, что лесные насаждения сохраняются в течение уже более 60 лет на лугово-каштановых почвах западин и падин (Рисунок Е.2). Агротехнические уходы за лесополосами проводились только в первые годы после их закладки (в 1950-е года), затем проводились только рубки ухода.

Сохранившиеся лесные колки «вписаны» в западины, а в некоторых случаях они больше по размеру из-за присутствия кустарников (обычно, жимолости татарской) на светло-каштановых почвах.
Лесные колки различаются по площади, породному составу, росту растений и их сохранности. Наиболее интересны из них те, в которых главной породой выступают вяз приземистый (быстро гибнущий) и дуб черешчатый (наиболее устойчивый).



Рисунок Е.2. Космический снимок Quickbird 2006 г. с сохранившимися лесными насаждениями на лугово-каштановых почвах. Участок Сталинской лесополосы на Джаныбекском стационаре (49,3928 с.ш., 46,7892 в.д.)

Лучшая сохранность колков отмечается при наличии дуба черешчатого. Отличительная особенность его состояния здесь – он также суховершинит, как вяз. Однако дубки, нахо¬дясь в таком виде, существуют здесь десятилетиями. На Прикаспийской низменности встречаются отдельные представители дуба 70-80-летнего возраста, которые также периодически суховершинят и не погибают. Из этого следует, что суховершинность деревьев не является предвестником скорой гибели дуба черешчатого, а, скорее, представляет собой реакцию дерева на уменьшение влагообеспеченности в определенный период (при этом, надо полагать, что уменьшение влагообеспеченности ниже определенного предела, безусловно, вызовет их гибель по сценарию гибели вяза приземистого).

Корреляционный анализ таксационных характеристик выявил достоверную зависимость максимального диаметра деревьев дуба от размеров западин (при P0.05), которые они занимают (r = 0,66). Связь максимальной высоты деревьев с занимаемой ими площадью менее значима (r = 0,54 при P0.1). Несомненно, что на эти параметры влияют и другие факторы, например, конфигурация и расположение западин, состав и схема смешения пород.

В любых западинах (небольших по площади микропонижениях) размеры лесных пород всегда ниже, чем в аналогичных культурах, выращиваемых на падинах (мезопонижениях площадью от 1 га и выше). Например, аллометрические показатели яблони, клена, лоха и жимолости на падине в 1,5 раза выше, чем в западине.

Лугово-каштановые почвы западин осваиваются лесной растительностью полностью. Характер распространения корней изучен закладкой траншеи, которая выходит за пределы западины и затрагивает светло-каштановые почвы и солонец. На стенке траншеи были заложены стандартные корневые площадки (КП). Исследования показали, что наибольшее количество корней распространено вблизи дерева и далее, в пределах лугово-каштановой почвы. Выход корней на светло-каштановую почву и солонец ограничивается их засоленностью.

Долговечность искусственных лесных колков по западинам, по-видимому, связана с тем, что их ежегодный эвапотранспирационный расход обеспечивается дополнительным поверхностным увлажнением почвогрунта (хотя и при засоленных грунтовых водах). Существуют даже естественные аналоги таких колков — это спирейниковые заросли, которые обычны для этих мест. Кроме того, естественные лесные колки из терна, крушины слабительной, розы коричной достаточно часто встречаются по небольшим западинам на Прикаспийской низменности.

Длительное существование искусственных лесных колков по западинам без постоянных агротехнических и лесоводственных уходов (в основном, кустарниково-древесных, даже включающих дуб) является основанием для рекомендации их к широкому применению в лесокультурных мероприятиях в засушливых условиях и при широком распространении солонцовых комплексов.

Литература

1	Лесная энциклопедия: В 2-х т. / Гл.ред. Воробьев Г.И.; Ред.кол.: Анучин Н.А., Атрохин В.Г., Виноградов В.Н. и др. М.: Сов. энциклопедия, 1985. 563 с.
2	Рекомендации по защитному лесоразведению и лесной мелиорации в глинистой полупустыне Северного Прикаспия. М.: ЦБНТИ Гослесхоза, 1988. 68 с.
3	Руководство по лесовосстановлению и лесоразведению в лесостепной, степной, сухостепной и полупустынной зонах европейской части Российской Федерации // Н. П. Калиниченко, В. И. Ерусалимский. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1996. 70 с.
4	Сапанов М.К. Экология лесных насаждений в аридных регионах. Тула: Гриф и К., 2003. 248 с.
5	Справочник агролесомелиоратора. М.: Лесная промышленность, 1984. 246 с.

Приложение F. Распространение опыта по мелиорации засоленных и заболоченных земель в Кыргызской Республике

Кулов К.М. (Кыргызстан)

Общая информация

По особенностям почвенно-мелиоративных условий в Кыргызской Республике четко обособляются три крупных района: Северный, Южный и Центрально-Тянь-Шанский. Основными природными факторами являются геологическое и гидрологическое строение, рельеф и климат. Засоление проявляется в основном в Северной зоне (в Чуйской долине), где сосредоточены гидроморфные засоленные, солонцеватые и заболоченные почвы. Засоленные почвы наносят большой урон сельскохозяйственному производству, снижают урожайность сельскохозяйственных культур и вызывают их выход из сельскохозяйственного оборота [3].

Ответственность за вопросы мелиорации орошаемых земель на государственном уровне несет недавно восстановленная Республиканская мелиоративная гидрогеологическая экспедиция (РМГЭ). РМГЭ занимается вопросами мониторинга и организации мероприятий по предотвращению подъема уровня грунтовых вод, подтопления и засоления орошаемых земель.

РМГЭ составляет ежегодный кадастр мелиоративного состояния орошаемых земель, где в разрезе районов приводится распределение площадей по уровню грунтовых вод (УГВ), по степени засоления и солонцеватости почв. Материалы по улучшению земель поступают в Мелиоративный Кадастр для планирования мероприятий. На их основе РМГЭ совместно с Районным управлением водного хозяйства (РУВХ) составляет планы ежегодных мероприятий по улучшению состояния земель.

Средства выделяются из Республиканского бюджета, из Госрегистра, где формируются средства от налогов на землю.

Текущее состояние орошаемых земель

Согласно данным мелиоративного кадастра, в Кыргызстане площадь земель с неудовлетворительным мелиоративным состоянием увеличилась по сравнению с 1990 годом на 20.0 тыс. га. При этом из общей площади пахотных земель 12% (2010) приходится на засоленные почвы и 8% занимают солонцеватые почвы. Эти земли сосредоточены в Чуйской долине, Таласском, Кара-Буринском, Баткенском, Араванском, Сузакском и других районах. Наиболее подверженными процессам подтопления и засоления земель являются западные районы Чуйской области и Баткенский район на юге республики. Аморфное засоление наблюдается в Куланакской долине Нарынской области [2].

Основная причина ухудшения состояния земель – повышение уровня минерализованных грунтовых вод на орошаемых площадях вследствие неудовлетворительного состояния ирригационных систем и неэффективного использования воды. Последнее в свою очередь происходит из-за прогрессирующего выхода из строя коллекторно-дренажной сети (КДС). А фактор выхода из строя КДС связан с отсутствием достаточного финансирования для ее правильной эксплуатации. Излишние поливы не только поднимают УГВ, но вызывают также эрозию, сброс воды в конце поля и в коллекторно-дренажную систему. Таким образом, работу КДС можно улучшить не только реабилитацией и промывками, но путем улучшения обслуживания сети и оптимального водопользования. Большинство рекомендаций по ирригационной эрозии применимы также к решению проблемы подъема УГВ, засоления почв и заиления КДС.

Исследования и распространение передового опыта

Для разработки ответных мероприятий с 1970-1980-х годов Кыргызским научно-исследовательским институтом ирригации им. Л.К. Госсу (КНИИР) проводятся специальные исследования на орошаемых массивах, затронутых процессами засоления, осолонцевания и заболачивания земель для передачи и распространения передового опыта на местах. По материалам исследований разработаны соответствующие рекомендации [1, 4].

Рекомендации по мелиорации засоленных земель (на примере ОПУ «Беш-Терек» Московского района) по материалам исследований 1983-2006 гг.

Рассматриваются следующие вопросы:

- Оценка современного мелиоративного состояния на участках ОПУ «Беш-Терек» по таким показателям как распределение площадей по типу и степени засоления, минерализация грунтовых, дренажных и оросительных вод, распределение площадей по запасам гумуса пахотного слоя, подвижных форм азота, фосфора и калия, наличие солонцеватости, обеспеченность систематическим дренажом и его состояние.
- Определение потребности в дополнительном количестве оросительной воды для создания промывного режима орошения, расчет промывной нормы.
- Определение потребности в гипсовании пахотного слоя почвы, расчет нормы гипса и технология его внесения.
- Определение потребности в минеральных удобрениях, расчетные нормы и технология их внесения.
- Соблюдение правил технической эксплуатации горизонтального дренажа и обеспечение эффективности его работы.
- Кроме того, представлены картограммы засоленности 0-100 см слоя почвы по каждому участку промывки.

В рекомендациях указывается, что правильная организация работ на проблемном массиве дает положительный эффект и после 30 лет эксплуатации системы. В 1970-1980-х годах здесь были проведены капитальные промывки засоленных земель с использованием дождевальных машин, при кураторстве Института Ирригации проводилась правильная эксплуатация дренажа, и поэтому даже сегодня на бывших опытных участках меньше проблем, чем на обычных площадях.

Решение проблем мелиорации засоленных земель на примере ОПУ «Келечек» Панфиловского района Кыргызской Республики

С целью улучшения мелиоративной ситуации исследования проводятся по следующим направлениям:

- установление солевого режима почвогрунтов;
- разбивка на карте площадей по степени и типу засоления;
- сбор данных по обеспеченности гумусом пахотного слоя почвы;
- распределение площадей по уровню солонцеватости пахотного слоя почвы;
- сбор данных по содержанию подвижных элементов питания пахотного слоя почвы;
- изучение надежности работы горизонтального дренажа.

На основе этих данных разрабатываются рекомендации и мероприятия по предупреждению засоления, солонцеватости и заболачивания земель и повышению плодородия почв.

Рекомендации по ОПУ «Келечек» включают:

i) В зависимости от степени засоления почв оросительные нормы для промывки и орошения устанавливаются от 100 до 4000 м3/га. Лучшим сроком проведения промывных профилактических поливов является осеннее-зимний период, их совмещают с влагозарядковыми поливами. Если нормы влагозарядковых поливов 800-3000 м3/га, то их корректируют под нормы промывных поливов;

ii) Для солонцеватых и содово-засоленных почв при содержании CO3-+HCO3-=1мг-экв/100г почвы и Na=1мг-экв/100 г почвы норма внесения гипса для рассоления составляет 8 ц/га. Для почв с меньшей солонцеватостью рекомендуется проводить агротехнические приемы: повышение дозы органических и физиологических кислых минеральных удобрений с выращиванием на них многолетних трав (люцерна, донник). Лучшим периодом внесения мелиорантов является внесение под зяблевую вспашку;

iii) Обеспечение сбалансированного минерального питания растений. Дозы удобрения должны соответствовать потребности растений и почв. Превышение норм приводит к загрязнению воды и окружающей среды, особенно на орошаемых землях;

iv) Для выполнения осушительных и опреснительных функций необходимо соблюдать правила технической эксплуатации дренажной системы: (i) своевременную очистку дренажа; (ii) исправность устьев закрытых дрен, удаление мусора и ила, отсутствие подпора на дренажной линии; (iii) не попадание оросительной воды в наддренные полосы закрытых дрен; (iv) систематически следить за состоянием смотровых колодцев и др.

v) Подтверждается важность обязательного проведения анализа почв на участках фермеров, чтобы выявить: (i) нарушения по поддержанию плодородия почв; (ii) назначить дозы внесения удобрений, мелиорантов (гипс, глауконит и пр.) и (iii) установить технику и нормы поливов, исключающие смыв почвы и воды в грунтовые воды и за пределы поля.

Рекомендации по мелиорации засоленных земель Куланакской долины (Нарынская область)

Куланакская долина по климатообразующим факторам (по Рязанцевой З.А.) отнесена к 4 климатическому району "Внутренний Тянь-Шань", подрайону – Средне-Нарынская впадина, к 4 типовому поясу с суммой температур 2500°С и со среднемесячной температурой июля +20°С, с коэффициентом увлажнения 0.24. Абсолютные отметки 1770-1900 м над уровнем моря (Чуйская долина 650-900 м). Общая площадь долины 11500 га, из них среднезасоленные и сильнозасоленные почвы встречаются пятнами на площади 4500 га.

Засоленность почв является следствием влияния материнских пород, содержащих легкорастворимые соли и специфических гидротермических условий. Мощность мелкозема от 0.5м до 10.0 м, с уменьшением от предгорий к реке Нарын.

Основным приемом рассоления таких земель является капитальная промывка, требующая подготовительных работ: капитальная планировка; солевая съемка; внесение гипса; глубокая пахота; боронование; малование поверхности поля; разбивка на чеки; нарезка валиков и установка переносных водовыпусков в чеки, трубчатые переезды, щитки, средства водоучета; нарезка временных оросителей.

Каждый вид операции требует профессиональных знаний, опыта, значительных материальных и человеческих ресурсов. Проведение капитальных промывок требуется на площади 3700 га и химических мелиораций на площади 1300 га. Такие объемы промывки непосильны самим фермерам, даже АВП. Поэтому эти мероприятия должно выполняться специалилизированными мелиоративныыми отрядами РМГЭ.

Учитывая, что урожайность сельхозкультур снижается в зависимости от степени засоления почв от 10% до 50-80%, рекомендовано усилить возможности Республиканской мелиоративно-гидрогелогической экспедиции и лабораторий КыргызНИИ ирригации, организовать соответствующие работы по спасению земель Нарынской области от засоления и вывода из сельскохозяйственного оборота.

Список литературы к Приложению F

1	Влияние орошения и дренажа на изменение мелиоративного состояния и плодородия почв в Кыргызской Республике. Научный отчет. 2007 г. Архив КНИИР. Руководитель – канд. техн. наук Госсу Л.К.
2	Госсу Л.К. Методические рекомендации по обоснованию мелиоративных и агротехнических мероприятий для улучшения режимов почв орошаемых земель Северной Киргизии. Фрунзе. 1985.
3	Кулов К.М. Земельные ресурсы Кыргызстана – богатство Кыргызстана в опасности. Бишкек. 2009. 16 с. (англ., русский)
4	Кулов К.М., Жоошов П.М. Процессы опустынивания в Кыргызстане // Проблемы освоения пустынь. 2007. Вып. 2. С. 7-10.

Авторы Руководства

Абдуллаев Умид Валиевич - Проектный и исследовательский институт УЗГИП МСВХ (Ташкент, Узбекистан), специалист в области проектирования, планирования и управления водными и земельными ресурсами, мелиорации и реабилитации орошаемых земель, гидрологии суши и интегрированного управления водными ресурсами. E-mail: *uzgip@buzton.com*

Айдаров Иван Петрович – академик РАСХН и РАН, профессор, доктор технических наук, специалист в области ландшафтного и геосистемного обоснования состава и эколого-экономической эффективности комплексных мелиораций, моделирования водно-солевых процессов в почвах, устойчивого использования почвенных ресурсов. E-mail: *ivan@aidarov.com*

Алиев Бахрам – доктор наук, профессор, Азербайджанский университет архитектуры и строительства (лаборатория ирригации), специалист в области мелиорации засоленных земель, орошения, эрозии почв

Анисимова Ольга Викторовна - кандидат экономических наук, Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н.Соколовского» (Харьков, Украина), специалист в области экономического обоснования мелиорации засоленных и солонцовых почв, оценки экономической эффективности технологий мелиорации, внедрения инноваций. E-mail: *anisimova_o.v@ukr.net*

Балюк Святослав Антонович - академик Национальной академии аграрных наук Украины, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н.Соколовского» (Харьков, Украина), специалист в области эволюции почв при орошении, агроэкологического мониторинга, охраны, окультуривания и управления плодородием почв, экологического нормирования антропогенной нагрузки на почвенный покров, стандартизации и метрологии в области почвоведения, агрохимии и охраны почв. E-mail: *pochva@meta.ua, oroshenie@ukr.net*

Воробьева Людмила Андреевна – доктор биологических наук, заслуженный профессор МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия), специалист в области кислотности и щелочности почв, аналитической химии, теории подвижности химических элементов в почвах. E-mail: *vorla@mail.ru*

Воротынцева Людмила Ивановна - кандидат сельскохозяйственных наук, Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н.Соколовского» (Харьков, Украина), специалист в области охраны почв, мелиоративного почвоведения, интегрированного управления земельными и водными ресурсами. E-mail: *oroshenie@ukr.net*

Дрозд Елена Николаевна - кандидат сельскохозяйственных наук, Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н.Соколовского» (Харьков, Украина), специалист в области охраны почв, галогенеза почв, мелиоративного почвоведения, технологии мелиорации засоленных и солонцовых почв. E-mail: *oroshenie@ukr.net, elena_drozd@ukr.net*

Жовтоног Ольга Игоревна - доктор сельскохозяйственных наук, Институт водных проблем и мелиорации (Киев, Украина), специалист в области планирования орошения, экологического обоснования поливных режимов, адаптивного управления орошением, интегрированного управления земельными и водными ресурсами. E-mail: *ukr_rep@bigmir.net, olgazhovtonog@aim.com*

Захарова Марина Анатольевна - кандидат сельскохозяйственных наук, Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н.Соколовского» (Харьков, Украина), специалист в области охраны почв, мелиоративного почвоведения, информационного обеспечения охраны и использования засоленных почв. E-mail: *oroshenie@ukr.net*

Ибрагимов Рустам Исакджанович - Проектный и исследовательский институт УЗГИПМСВХ (Ташкент, Узбекистан), специалист в области ГИС, картографирования почв, дистанционных методов оценки деградации почв. E-mail: *2651803@mail.ru*

Исмаил Шоаиб - доктор биологических наук, Международный центр биоземледелия на засоленных почвах (ИКБА) (Дубай, ОАЭ), специалист в области биоземледелия в условиях засоления, галофитного растениеводства, адаптации к изменению климата, управления засолением. E-mail: *s.ismail@biosaline.org.ae*

Исмонов Абдувахоб Жураевич - кандидат биологических наук, Институт почвоведения и агрохимии (Ташкент, Узбекистан), специалист в области генезиса почв, классификации почв, химических и физических свойств почв. E-mail: *abduvahob60@mail.ru*.

Кан Вячеслав Максимович - доктор сельскохозяйственных наук, ТОО «Казахский НИИ почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова» (Алматы, Казахстан), специалист в области почвоведения, мелиорации. E-mail: *kangsoil@mail.ru*

Конюшкова Мария Валерьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, МГУ им. М.В. Ломоносова (факультет почвоведения, Аграрный центр) (Москва, Россия), специалист в области ГИС, цифровой почвенной картографии, генезиса, географии, картографии солонцовых комплексов Прикаспия, компьютерного анализа изображения. E-mail: *mkon@inbox.ru*

Кузиев Рамазан Кузиевич - доктор биологических наук, Институт почвоведения и агрохимии (Ташкент, Узбекистан), специалист в области генезиса почв, классификации почв, оценки почвенных ресурсов. E-mail: *kuziev_gosniipa@mail.ru; gosniipa@rambler.ru*

Кулов Кубанычбек Муканбетович – кандидат технических наук, Киргизский научно-исследовательский институт ирригации при КАУ им К.И. Скрябина (Бишкек, Кыргызская республика), специалист в области ирригации и мелиорации почв, устойчивого управления земельными ресурсами, борьбы с деградацией земель, управления пастбищами.

Кучер Анатолий Васильевич - кандидат педагогических наук, член-корреспондент Академии экономических наук Украины, Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н.Соколовского» (Харьков, Украина), специалист в области инновационно-инвестиционного обеспечения управления засоленными почвами, аграрной экономики, экономики природопользования, экономики деградации почв. E-mail: *anatoliy_kucher@ukr.net*

Лазебная Марина Евгеньевна – кандидат сельскохозяйственных наук, национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии шимени А.Н.Соколовского» (Харьков, Украина), специалист в области стандартизации и метрологи. E-mail: *pochva@meta.ua; M_Lazebna@ukr.net*

Медведев Виталий Владимирович - академик Национальной академии аграрных наук Украины, доктор биологических наук, профессор, Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н.Соколовского» (Харьков, Украина), специалист в области мониторинга почв, точного земледелия, агрономической физики, плодородия и экологии почв, методов оценки состояния и управления плодородием почв. E-mail: *vvmedvedev@ukr.net*

Носоненко Александр Анатольевич - кандидат сельскохозяйственных наук, Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н.Соколовского» (Харьков, Украина), специалист в области оценки качества оросительных вод, охраны почв, галогенеза почв, мелиоративного почвоведения, технологии мелиорации засоленных и солонцовых почв, точного земледелия. E-mail: *oroshenie@ukr.net*

Панкова Евгения Ивановна - доктор сельскохозяйственных наук, заслуженный деятель науки РФ, Почвенный институт им. В.В. Докучаева (Москва, Россия), специалист в области генезиса, географии, картографии и оценки засоленных почв России, Центральной Азии и Монголии. E-mail: *pankova22@mail.ru*

Розлога Юрий Григорьевич - доктор биологических наук, Институт почвоведения, агрохимии и защиты почв им. Н.А. Димо (Кишинев, Молдова), специалист в области геоинформационных систем, цифрового картирования, цифровых моделей рельефа, генезиса почв, деградированных почв, мелиорации почв. E-mail: *iu_rozloga@yahoo.com*

Ромащенко Михаил Иванович – доктор технических наук, профессор, академик Национальной академии аграрных наук Украины, Институт водных проблем и мелиорации почв НААН (Киев, Украина), специалист в области мелиоративных режимов на орошаемых землях, эколого-мелиоративного состояния и мониторинга, формирования поливных режимов, технологий микроорошения. E-mail: *iwpim.naan@gmail.com*

Рухович Дмитрий Иосифович – кандидат биологических наук, Почвенный институт им. В.В. Докучаева (Москва, Россия), специалист в области ГИС, цифровой почвенной картографии, дистанционной оценки почвенных ресурсов. E-mail: *landmap@yandex.ru*

Саакян Самвел Варанцович - доктор биологических наук, профессор, Министерство сельского хозяйства (Ереван, Армения), специалист в области физики почв, мелиорации засоленных и осолонцованных почв, орошении, качества воды. E-mail: *ssahakyan@yandex.ru*

Савин Игорь Юрьевич – член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, Почвенный институт им. В.В. Докучаева (Москва, Россия), специалист в области дистанционной оценки и мониторинга почвенных ресурсов, цифровой почвенной картографии, ГИС.

Салимов Фуад - PhD, Институт эрозии и орошения (Баку, Азербайджан), специалист в области мелиорации засоленных земель, орошения, ГИС, цифрового почвенного картографирования. E-mail: *fuad1979@mail.ru*

Санадзе Екатерина Васильевна - доктор сельскохозяйственных наук, Министерство сельского хозяйства Грузии (Тбилиси, Грузия), специалист в области генезиса почв, рационального использования почвенных ресурсов. E-mail: *Ekaterine.sanadze@moa.gov.ge, ekasanadze@yahoo.com*

Сапанов Мамай Казиевич – доктор биологических наук, Институт лесоведения РАН (Успенское, Московская область), специалист в области адаптивно-ландшафтного лесоразведения в аридных условиях, агролесомелиорации, оценки влияния климата на почвенно-растительный покров, гидрологии Северного Прикаспия. E-mail: *sapanovm@mail.ru*

Сапаров Абдулла - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ТОО «Казахский НИИ почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова» (Алматы, Казахстан), специалист в области почвоведения, агрохимии, экологии. E-mail: *ab.saparov@mail.ru*

Сафарли Сеймур – PhD, Министерство сельского хозяйства Республики Азербайджан, отдел растениеводства (Баку, Азербайджан), специалист в области мелиорации засоленных земель, орошения, ГИС, цифрового почвенного картографирования. E-mail: *seymur.safarli@agro.gov.az*

Соловей Вадим Борисович - кандидат сельскохозяйственных наук, Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н.Соколовского» (Харьков, Украина), специалист в области генезиса, классификации, картографирования почв. E-mail: *gruntpokrov@ukr.net*

Соловьев Дмитрий Андреевич – кандидат сельскохозяйственных наук, Почвенный институт им. В.В. Докучаева (Москва, Россия), специалист в области дистанционной оценки засоленных почв, экологического почвенного мониторинга.

Солоха Максим Александрович - кандидат географических наук, Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н.Соколовского» (Харьков, Украина), специалист в области данных дистанционного зондирования, ГИС, беспилотных летательных аппаратов. E-mail: *solomax@ukr.net*

Талибов Иззат - PhD, Министерство сельского хозяйства Республики Азербайджан, отдел растениеводства (Баку, Азербайджан), специалист в области мелиорации засоленных земель, орошения, ГИС, цифрового почвенного картографирования. E-mail: *izzat.talibov@agro.gov.az*

Ткач Виктор Петрович - член-корреспондент Национальной академии аграрных наук Украины, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Украинский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации имени Г.М. Высоцкого (Харьков, Украина), специалист в области лесомелиорации, функциональной роли лесов, водоохранной и гидрологической функции лесов, пойменном лесоводстве, солеустойчивости лесных культур. E-mail: *uriffm@uriffm.org.ua*

Тодерич Кристина Николаевна - доктор биологических наук, Региональный координатор Международного центра биоземледелия на засоленных почвах для Центральной Азии и Южного Кавказа (ИКБА-ЦАЗ) (Ташкент, Узбекистан), специалист в области экологии пастбищ, разнообразия галофитов, маргинальных водных ресурсов, коммерциализации солеустойчивых недоиспользованных ресурсов. E-mail: *Kristina@biosaline.org.ae; ktoderich@yahoo.com*

Трускавецкий Роман Степанович - член-корреспондент Национальной академии аграрных наук Украины, доктор сельскохозяйственных наук, Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н.Соколовского» (Харьков, Украина), специалист в области мелиорации почв.

Трускавецкий Станислав Романович - кандидат биологических наук, Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н.Соколовского» (Харьков, Украина), специалист в области данных дистанционного зондирования, ГИС. E-mail: *space1975@mail.ru*

Филипчук Владимир Филипович - доктор сельскохозяйственных наук, Институт почвоведения, агрохимии и защиты почв им. Н.А. Димо (Кишинев, Молдова), специалист в области генезиса почв, мелиорации почв, засоленных и заболоченных почв, орошения. E-mail: *iu_rozloga@yahoo.com*

Хамзина Татьяна Ильинична - Проектный и исследовательский институт УЗГИП МСВХ (Ташкент, Узбекистан), специалист в области плодородия почв, устойчивого управления земельными ресурсами, режима орошения культур. E-mail: *tatyana_khamzina@mail.ru*

Хасанханова Гульчехра Муршидовна - кандидат сельскохозяйственных наук, Проектный и исследовательский институт УЗГИП МСВХ (Ташкент, Узбекистан), специалист в области почвоведения и мелиорации засоленных почв, устойчивого управления земельными ресурсами, картирования, мониторинга и оценки ОДЗЗ, и адаптации к изменению климата. E-mail: *g.khasankhanova@mail.ru*

Хужаназаров Темур Мухиддинович - доктор технических наук, Самаркандский университет (Самарканд, Узбекистан), Университет Киото (Центр исследования водных ресурсов, лаборатория исследования региональных экологических систем) (Киото, Япония), специалист в области управления водными ресурсами, гидрологии, адаптации к изменению климата, моделирования агроэкосистем. E-mail: *khujanazarov.timur@gmail.com*

Ямнова Ирина Аркадьевна – кандидат биологических наук, Почвенный институт им. В.В. Докучаева (Москва, Россия), специалист в области генезиса засоленных и гипсоносных почв, микроморфологии солевых и гипсовых новообразований. E-mail: *irinayamnova@mail.ru*



EURASIAN SOIL PARTNERSHIP

Это Руководство опубликовано при финансовой поддержке Российской Федерации

ISBN 978-92-5-409772-1

I7318RU/1/05.17