ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ЭКОЛГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
КАФЕДРА ЛАНДШАФТНОЙ ЭКОЛОГИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ РОССИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Курс лекций

Казань – 2020

УДК 332.363

Печатается по рекомендации
Учебно-методической комиссии института
экологии и природопользования КФУ
Протокол № 5 от 29 июня 2020 г.

Авторы-составители
канд. географ. наук, доц. Г.Р.Сафина
канд. географ. наук, доц. В.А.Федорова,
Рецензент
доктор географ. наук, проф. О.П.Ермолаев

Сафина Г.Р., Федорова В.А.
Государственное управление и охрана земельных ресурсов России на современном этапе: курс лекций. Часть 3. Деградация почв и земель. Мелиорация / Г.Р. Сафина, В.А. Федорова.– Казань: Казан. ун-т, 2020. – 135 с.

Курс лекций по дисциплине «Государственное управление в области охраны земельных ресурсов» предназначен для магистров, обучающихся по направлению «Землеустройство и кадастры» (Оценка и мониторинг земель). Третья часть пособия продолжает знакомит студентов с видами деградации: вторичным засолением почв, опустыниванием и загрязнение земель, а также мелиорацией почв и земель.

УДК 911.5

© Сафина Г.Р., 2020

Введение

Учебная дисциплина «Государственное управление в области охраны земельных ресурсов» включена в основную профессиональную образовательную программу 21.04.02 "Землеустройство и кадастры (Оценка и мониторинг земель)" и относится к дисциплинам по выбору вариативной части.

Целью курса является знакомство студентов с особенностями государственного управления земельными ресурсами, деградацией почв и земель, их охраной и мелиорацией.

Данные методические указания – это краткое изложение основного курса дисциплины «Государственное управление в области охраны земельных ресурсов».

Третья часть пособия знакомит студентов с особенностями такими видами деградации почв и земель как вторичное заселение, опустынивание и загрязнение почв, а также видами и типами мелиорации.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение
Тема 1. Вторичное засоление почв 5
1.1. Источники солей и механизмы их поступления в почвы 21
1.2. Условия развития вторичного засоления и вызывающие их виды антропогенного воздействия 27
1.3. Приемы и мероприятия, направленные на предотвращение вторичного засоления почв 43
Тема 2. Опустынивание земель 48
2.1. Современное состояние проблемы опустынивания 53
2.2. Факторы и причины возникновения и развития опустынивания земель 58
2.3. Мероприятия по предотвращению развития опустынивания земель и воспроизводству их плодородия 81
Тема 3. Загрязнения почв 87
3.1. Источники техногенного воздействия 90
3.2. Виды техногенного воздействия 93
3.3. Зонально-региональные особенности антропогенных воздействий, вызывающих загрязнение почв 113
3.4. Загрязнение сельскохозяйственных земель после аварии на Чернобыльской АЭС 117
3.5. Восстановление техногенно-нарушенных сельскохозяйственных земель 121
3.6. Восстановление радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных земель 123
3.7. Восстановление земель, загрязненных тяжелыми металлами 127
Тема 4. Мелиорация почв и земель 135
Литература 136

Тема 1. Вторичное засоление почв

Вторичное засоление почв привело к потере около четверти ранее плодородных земель, когда-либо использовавшихся людьми на Земле. Поэтому в ходе многовековой истории человечества наблюдение за процессами миграции и аккумуляции солей в естественных и антропогенно-преобразованных почвах в различных сочетаниях природных условий сопровождалось последовательными этапами систематизации знаний в трудах выдающихся ученых. Особенно ярко это проявилось в XX в. на фоне роста производительных сил человечества, общей численности населения, необходимости использования все более трудно осваиваемых земель и повышения интенсивности использования уже освоенных земель для получения продуктов питания и сырья для промышленности.

Засоленность почвы — это наличие в почве (особенно в корнеобитаемом слое) легкорастворимых солей в количестве, понижающем плодородие почв и угнетающем рост и развитие большинства растений, за исключением галофитов.

Легкорастворимые соли — это соли, растворимость которых в воде превышает 10 г/л при температуре 20 °С. Засоленность почвы обусловливают хлориды натрия, магния и кальция ($NaCl$, $MgCl_2$, $CaCl_2$), сульфаты натрия и магния

(Na_2SO_4, $MgSO_4$ и их гидраты), карбонат и гидрокарбонат натрия (Na_2CO_3, $NaHCO_3$), реже нитраты натрия, калия и магния ($NaNO_3$, KNO_3, $Mg(NO_3)_2$).

Угнетающее влияние легкорастворимых солей, содержащихся в почвенном растворе, на рост и развитие растений обусловлено осмотическим и токсическим эффектом. Осмотический эффект связан с увеличением осмотического давления почвенного раствора по мере увеличения в нем концентрации солей до значения осмотического давления цитоплазмы в[4] клетках корня или выше, препятствуя поступлению воды из почвенного раствора в корень или даже высасывая воду из клеток корня в почву. Разные группы растений имеют отличающуюся физиологическую способность регулировать осмотическое давление в клетках. Поэтому для практических целей выделяют несколько групп растений по их солевыносливости. Токсический эффект легкорастворимых солей на растения обусловлен специфическим физиологическим влиянием некоторых ионов (Na^+, Cl^-, SO^{2-}). Кроме того, может быть нарушен баланс питательных элементов. Например, сильнощелочные условия, возникающие при содовом засолении, приводят к дефициту кальция в почвенном растворе за счет осаждения ионов кальция в форме труднорастворимой соли карбоната

кальция.

Засоленный горизонт — это почвенный горизонт, содержащий 0,05–0,1% и более суммы «токсичных» солей по водной вытяжке 1:5 и/или имеющий удельную электропроводность вытяжки из водонасыщенной пасты при 25 °С 4 дСм/м и выше.

Сумма «токсичных» солей по водной вытяжке 1 : 5 — часть общей суммы солей по водной вытяжке 1 : 5 за вычетом дополнительно растворенных в водной вытяжке 1 : 5 карбоната кальция и гипса по сравнению с их количеством, переходящим в почвенный раствор. Сумму «токсичных» солей рассчитывают на основе результатов анализа водной вытяжки 1 : 5.

Засоленная почва — это почва, имеющая хотя бы один засоленный горизонт в пределах почвенного профиля.

Незасоленная почва — почва, в которой все почвенные горизонты (особенно в корнеобитаемой зоне) содержат менее 0,05–0,1% «токсичных» солей по водной вытяжке 1 : 5 и/или имеют удельную электропроводность вытяжки из водонасыщенной пасты при 25 °С менее 4 дСм/м.

Засоление почв (синоним: соленакопление в почве) — это процесс поступления легкорастворимых солей в почву, их накопления хотя бы в одном почвенном горизонте в количестве, позволяющем идентифицировать горизонт

засоленным, а также увеличения содержания солей в засоленных горизонтах.

Вторичное засоление почв — это засоление почв, вызванное антропогенным воздействием непосредственно на почву или другие компоненты геосистемы (воздушное пространство, комплекс горных пород, поверхностные и подземные воды, естественный или антропогенно-преобразованный биоценоз) или опосредованно (косвенно) на условия развития и осуществления процессов миграции солей в геосистемах разного иерархического уровня строения Земли. Вторичное засоление почв может приводить к образованию засоленной почвы из незасоленной, а также к увеличению содержания солей в исходно засоленной почве.

Рассоление почв — это процесс выноса солей из почвенного профиля. Рассоление почв может быть частичным, в результате которого в почве остается хотя бы один засоленный горизонт, или полным, в результате которого засоленная почва становится незасоленной.

В почве может происходить периодическая смена процессов засоления и рассоления в зависимости от водного режима почвы и интенсивности поступления и выноса солей через верхнюю, нижнюю и боковые границы почвенного тела. В результате в условиях положительного солевого баланса, когда поступление солей превышает их вынос,

происходит засоление, а в условиях отрицательного солевого баланса, когда поступление солей меньше, чем их вынос из почвы, происходит рассоление почвы.

Запас солей — это общее содержание солей в расчетном слое почвы, выраженном в единицах массы на единицу площади горизонтального сечения почвы (например, кг/м^2, т/га).

Солевой баланс почвы (или отдельного горизонта) — это соотношение между изменением запаса солей в почве (или отдельном горизонте) за определенный (расчетный) промежуток времени, поступлением в почву (или отдельный горизонт) и выносом из почвы (или отдельного горизонта) солей за тот же промежуток времени. Величину промежутка времени выбирают, исходя из цели расчета. Она может быть равна минуте, часу, суткам, году, длительности цикла увлажнения–высыхания почвы и т.д.

Степень засоления почвы — градация содержания легкорастворимых солей в почве, отражающая качественно интенсивность негативного их влияния на рост и развитие растений.

Химизм засоления почвы — преимущественный состав легкорастворимых солей по соотношению катионов и соотношению анионов.

Критическая глубина (уровень) грунтовых вод — это

глубина преимущественного залегания зеркала грунтовых вод, выше которой происходит засоление почв (прежде всего корнеобитаемой зоны) за счет капиллярного подъема солевых растворов и их использования на транспирацию растениями и/ или их испарения с поверхности почвы, приводя к накоплению солей.

Критический режим грунтовых вод — это среднемноголетний режим изменения глубины залегания зеркала и минерализации грунтовых вод, при кото-ром формируется положительный солевой баланс почвы, приводящий к засолению почв (прежде всего корнеобитаемой зоны).

На **территории России** засоленные почвы выделены в 42 субъектах федерации из 85. На сельскохозяйственных землях России площадь засоленных (несолонцовых) почв составила 16,3 млн га (около 9% площади сельскохозяйственных угодий), и около 23 млн га представлено засоленными почвами солонцовых комплексов, что составляет примерно 12,5% от площади сельскохозяйственных угодий. Таким образом, около 21% от площади сельскохозяйственных земель России относится к категории засоленных. На пахотных землях засоленные (несолонцовые) почвы составляют 4%, а солонцовые 8,2%. Площади орошаемых земель по данным на 1995 г., достигали 5,2 млн. га. Из них к засоленным относилось

17%, а к солонцовым — 19,7%. При этом в площади засоленных и засоленных-солонцовых почв преимущественно включены почвы, содержащие соли в поверхностных горизонтах. Глубоко- и потенциально засоленные почвы, которые требуют обязательного учета и которые следует выделять в особую группу засоленных почв, т.к. они представляют большую опасность для развития вторичного засоления, как правило, в кадастрах не учитываются.

Засоленные почвы особенно широко распространены на юге России в пределах полупустынной, сухостепной, степной и лесостепной зон (рис. 1). 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 связи с этим проблема использования и мелиорации засоленных почв для южных регионов России стоит очень остро. Особенно это касается орошаемых земель, которые приурочены к южным территориям, где обычно широко развиты засоленные почвы или существует угроза вторичного засоления.

Наибольшие площади распространения засоленных почв на территории России приурочены к Каспийской тектонической впадине. Здесь сочетаются несколько факторов, способствующих развитию засоленных почв. Во-

первых, эта территория является обширной бессточной депрессией макрорельефа уже многие миллионы лет. В нее поступали и продолжают поступать продукты выветривания горных пород с огромной территории водосборных бассейнов Волги, Урала, Кумы, Терека, Куры и ряда других более мелких рек. В ней многие миллионы лет расположен крупный морской бассейн, многократно изменявший свои очертания и объем. В результате в течение различных геологических эпох на этой территории накоплены большие толщи (до 10 км в Прикаспийской низменности) осадочных пород, содержащих разное количество легкорастворимых солей. Эти породы подвержены тектоническим процессам. В одних ситуациях происходит пластическая деформация соленосных пород с образованием соляных куполов в толще осадочных пород и выдавливанием соляных масс ближе к поверхности. В других после регрессии моря на обширных территориях суши засоленные морские осадочные породы становятся почвообразующим материалом, из которого за последние 10–15 тыс. лет сформировались современные почвы этого региона. Во-вторых территория России, примыкающая к Каспийскому морю, относится к полупустынной и сухостепной биоклиматическим зонам, для которых характерен сухой и жаркий климат с коэффициентом увлажнения менее 0,3–0,4. В этих условиях происходит

активное соленакопление в почвах при наличии близко расположенных (менее 3 м) грунтовых вод, из которых вода за счет капиллярных сил подтягивается в почвенный профиль и расходуется на физическое испарение с поверхности и/или на потребление и транспирацию растениями. В-третьих, Каспийское море является постоянным источником, из которого на сушу происходит перенос солей ветром (эоловый перенос).

По этим причинам в Дагестане (преимущественно на равнинах) засоленные почвы составляют 31,2% от почвенного покрова республики, в Ростовской области и Ставропольском крае (в основном в восточных районах) — 22,4 и 17,7%. Наибольшие площади они занимают в

Калмыкии (78%), Астраханской (56,7%) и Волгоградской (45%) областях. Преобладают как гидроморфные, так и автоморфные солончаковые и солончаковатые почвы, содержащие легкорастворимые соли в первом метре от поверхности. Значительные площади представлены серо-бурыми полупустынными и каштановыми солонцовыми комплексами почв. Химизм засоления варьирует от хлоридного до сульфатного.

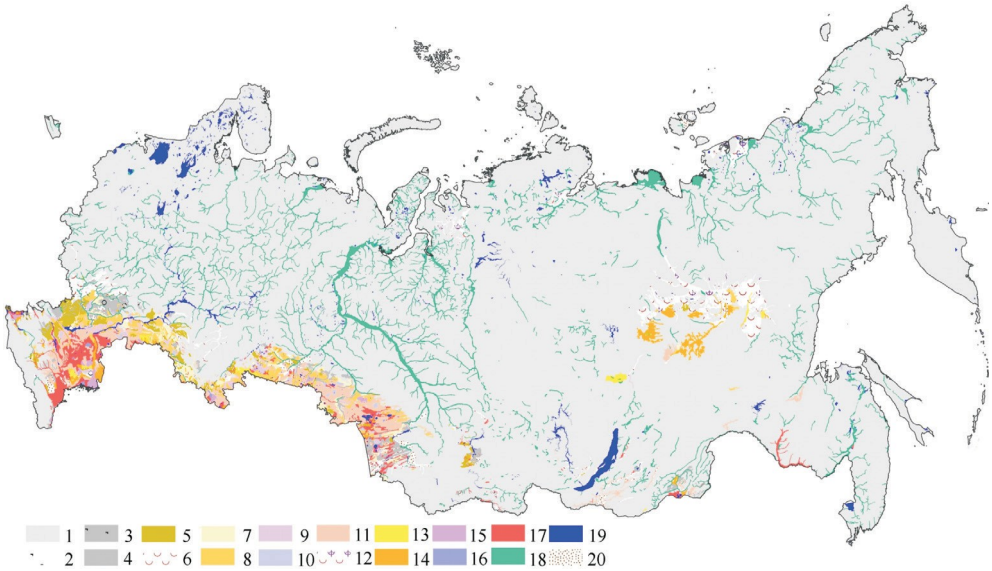

Рис. 1. Распространение засоленных почв на территории России.

Обозначения: 1 — незасоленные почвы; 2 — локальное проявление глубокозасоленных почв на фоненезасоленных; 3 — локальное проявление глубокозасоленных почв на фоне потенциально засоленных; 4 — потенциально засоленные почвы (соли на глубине 2–5 м); 5 — глубокозасоленные почвы (соли на глубине 1–2 м); 6–11 — солончаковатые почвы (верхняя граница первого от поверхности солевого горизонта на глубине от 30 до 100 см). Доля солончаковатых почв: 6 — <1% (локальное засоление); 7 — 1–10%; 8 — 10–25%;9 — 25–50%; 10 — 50–75%; 11 — >75%; 12–15 — солончаковые почвы (верхняя граница первого от поверхности солевого горизонта на глубине от 0 до 30 см). Доля солончаковых почв: 11 — 1–10%; 12 — 10–25%; 13 — 25–50%; 14 — 50–75%; 15 — >75%. 16 — пойменныепочвы; 17 — водные объекты; 18 — пески, боровые пески, серопески.

К западу и к северу от рассматриваемого региона в степной и лесостепной зонах уменьшается доля засоленных почв, и постепенно изменяется химизм засоления с хлоридно-сульфатного и сульфатного на содово-сульфатный и содовый. Засоленные почвы Северного Кавказа в степной зоне

представлены преимущественно полугидроморфными и автоморфными солонцеватыми черноземами хлоридно-сульфатного и сульфатного химизма, иногда с участием соды. Эти почвы чаще всего приурочены к местам выхода засоленных осадочных пород на дневную поверхность. Особо выделяются гидроморфные и полугидроморфные засоленные почвы пойм и дельт Дона и Кубани — маршевые, пойменные, луговые, лугово-болотные почвы, луговые солонцы и солончаки различного химизма засоления: хлоридного, сульфатно-хлоридного, хлоридно-сульфатного, сульфатного и содового.

В Центрально-черноземных областях (степная и лесостепная зоны) засоленные почвы занимают небольшую площадь (около 3,6%). Их распространение тесно связано с геоморфологическими, гидрогеологическими условиями и засоленностью почвообразующих пород. Выход палеоген-неогеновых засоленных пород на поверхность на возвышенных элементах рельефа способствует формированию автоморфных черноземов солонцеватых и солонцов. На вогнутых элементах рельефа при близком залегании слабоводопроницаемых пород, содержащих легкорастворимые соли, формируются полугидроморфные и гидроморфные засоленные почвы (лугово-черноземные солонцеватые и солончаковые, в комплексах и в сочетаниях с

солонцами полугидроморфными и гидроморфными). Преобладающий тип засоления почв — содово-сульфатный. В южной части Урала, Приуралья и Зауралья источником засоления почв являются почвообразующие и подстилающие породы, близкое залегание минерализованных грунтовых вод, а также перераспределение солей по поверхности на слабодренируемых территориях. Засоленные почвы региона представлены преимущественно лугово-черноземными солонцеватыми и солончаковатыми почвами (28% от площади засоленных почв), солонцами полугидроморфными и гидроморфными (13,6 и 12%), черноземами солонцеватыми (10,3%) и солонцами автоморфными (7,9%).

Сибирском регионе засоленные почвы распространены как в степной, так и в лесостепной зонах. Здесь преобладает гидроморфное засоление с господством содовозасоленных почв и почв смешанного химизма. В депрессиях и долинах рек формируются солонцы и солончаки, а также луговые засоленные и солонцеватые содовые почвы и почвы с участием соды. На дренированных водоразделах выделяются почвы сульфатного засоления. Засоление почв Западной Сибири обычно сочетается с солонцеватостью. Генезис солей в почвах этого региона до конца не установлен. Но большинство авторов, исследовавших засоление почв Западной Сибири, склонны считать, что засоление связано с

древним соленакоплением, в настоящее время про- исходит главным образом перераспределение солей в ландшафте. В гидроморфных почвах сода может являться результатом современного почвообразования под действием сульфа-тредуцирующих бактерий в анаэробных условиях. Позже появились работы, в которых утверждается, что главным источником солей в почвах Западной Сибири следует считать эоловый фактор. На огромной территории Западной Сибири площадью 224 910,6 тыс. га засоленные почвы составляют 7,0%, но сконцентрированы они на юге, в зонах развитого сельскохозяйственного производства. Особенностью этого региона является преобладание засоленных гидроморфных и полугидроморфных почв: лугово-черноземных (32% от площади засоленных почв), полугидроморфных и гидроморфных солонцов (32%) и луговых солонцеватых и солончаковатых почв (20,8%). Наиболее значительные площади этих почв отмечаются в Новосибирской (39% от общей площади засоленных почв региона), Омской (39%), Тюменской (1,6%) областях и Алтайском крае (5,4%). В характере засоления прослеживается широтная зональность и приуроченность к отрицательным формам рельефа. Содовый тип засоления почв северной лесостепи сменяется в более южных и западных районах этой подзоны на сульфатно-содовый. В южной лесостепи и степи доминирует сульфатный

и хлоридно-сульфатный с участием соды тип засоления. Вокруг крупных озерных котловин (оз.Чаны и др.) преобладает сульфатно-хлоридный и хлоридный типы засоления.

Особое место в ряду засоленных почв России занимают почвы Восточной Сибири и Дальнего Востока. В Восточной Сибири (Хакасия, Тыва, Предбайкалье и Забайкалье) засоленные почвы занимают значительные площади — 1,3 млн. га, но от почвенного покрова региона это составляет всего 0,28%. Встречаются они в лесостепной и степной зонах, которые носят островной характер и приурочены к замкнутым депрессиям и впадинам, где концентрируется геохимический сток, идущий со стороны горных обрамлений, а также в долинах рек и вокруг соленых озер при близком залегании минерализованных грунтовых вод. Источником солей являются не только продукты выветривания, но и древние соленосные отложения, выходы которых наблюдаются на юге Тывы и в ряде других районов.

В Тыве, Прибайкалье и Забайкалье засоленные почвы приурочены главным образом к замкнутым депрессиям — котловинам с сухостепными ландшафтами с семиаридным или аридным климатом. Засоление здесь имеет ограниченное распространение. Связано оно преимущественно с гидроморфными почвами, приуроченными к зонам современной

аккумуляции солей, в том числе к зонам тектонических разломов и выклинивания подземных вод (Иркутская область, Бурятия). Засоление в Тыве и Забайкалье имеет часто щелочной состав, отмечается присутствие соды, связанное с выветриванием массивно-кристаллических пород. Иногда наличие соды отмечается на фоне сульфатного засоления, связанного с длительным соленакоплением в древних котловинах. В Предбайкалье выделяются районы с гипсоносными почвами, содовое засоление здесь не проявляется. Однако в Тыве, Забайкалье и Якутии встречается содовое засоление. Отличительной особенностью почв рассматриваемых регионов является малое развитие здесь как засоленных почв, так и почв солонцового ряда при преобладании почв легкого гранулометрического состава.

В Якутии формируются гидроморфные засоленные почвы в условиях криоаридного климата, вечной мерзлоты и древних засоленных пород: пойменные (37,6% от общей площади засоленных почв республики), маршевые (20%), лугово-болотные солончаковые (23,4%), лугово-черноземные солончаковатые и солончаковые (13%), встречаются солонцы и солоди. Приурочены эти почвы к пойме и низким террасам Лены и ее притоков, высоким надпойменным террасам с характерным таежно-аласным рельефом на Центральной

Якутской равнине, высоким древнеаллювиальным равнинам, обрамленным денудационными плато, сложенными породами с включением линз гипса и легкорастворимых солей, и к Приморской равнине на севере Якутии. Лугово-черноземные почвы долины р. Лена и аллювиальные почвы характеризуются хлоридно-сульфатным и сульфатно-хлоридным, а почвы аласов — преимущественно содовым засолением.

В Приморье засоленные лугово-глеевые солонцеватые и осолоделые почвы встречаются на Суйфуно-Ханкайской равнине и на озерных террасах и на террасах рек Сихотэ-Алиня. Все они приурочены к выходам соленосных пород либо к местам выклинивания минерализованных грунтовых вод. Почвы имеют часто содовый химизм засоления.

В северных районах имеются маршевые засоленные почвы хлоридно-сульфатного и сульфидного засоления в дельте Северной Двины (Архангельская область), хлоридного, сульфатно-хлоридного, реже сульфатного засоления на побережье Белого моря (Карелия), хлоридного засоления в арктической и тундровой зонах Якутии, а также в Магаданской области и в Приморье. Источниками солей являются морские отложения, эоловые поступления с моря и речной сток в дельтах.

1.1. Источники солей и механизмы их поступления в почвы

В ходе развития и эволюции планеты Земля в земной коре и гидросфере (океанах, морях, озерах, реках и подземных водах) постепенно накапливались воднорастворимые соли за счет:

1) поступления расплавленной магмы в толщу земной коры, на поверхность Земли и выделения в атмосферу газов в результате вулканической деятельности;

2) выветривания горных пород, слагающих верхние слои литосферы.

Образовавшиеся легкорастворимые соли благодаря своей высокой миграционной способности подвергались процессам переноса, локальной аккумуляции и трансформации в ходе формирования разнообразных осадочных и метаморфических пород в разные геологические периоды истории Земли и их изменения или разрушения под действием тектонических движений в литосфере, процессов выветривания, переноса и аккумуляции в последующие эпохи.

В результате на современном этапе легкорастворимые соли встречаются во многих осадочных породах морского, лагунно-морского, озерного и аллювиального происхождения, соленосных породах, в почвах, в поверхностных и подземных водах с разной минерализацией (от пресных вод до рассолов).

В связи с этим существует несколько источников и механизмов поступления легкорастворимых солей в современные почвы:

1. *Засоленные породы*, сформированные в былые геологические периоды истории Земли, после их экспонирования на поверхность Земли в результате тектонического поднятия территории и/или разрушения и сноса вышележащих над ними более молодых пород становятся почвообразующим материалом для современных почв. В этих случаях почва наследует легкорастворимые соли от почвообразующей породы. Соли в почве могут сохраняться или частично удаляться из нее в зависимости от водно-солевого режима почвы, который определяется актуальным сочетанием факторов почвообразования.

Таким способом возникли многие автоморфные (т.е. в условиях глубокого залегания грунтовых вод) солончаки и засоленные почвы аридных и семиаридных территорий.

К этой же группе следует отнести современные осадочные отложения днищ высыхающих соленых озер и морей (так называемые соры). Образующиеся в таких условиях соровые солончаки на первых стадиях своего развития также наследуют легкорастворимые соли почвообразующих пород, накопившиеся в процессе испарения соленых вод озера или моря (например, морской лагуны). Ярким примером является высыхание

значительной части Аральского моря, в результате которого почти 2/3 его днища превратилось в развеваемые солончаки.

2. *Поступление солей в почву из атмосферы* с дождем и/или в виде твердых выпадений — так называемое эоловое поступлений солей или импульверизация солей. В свою очередь появление солей в атмосфере обусловлено ветровым выносом и переносом солей из акватории океана, морей и соленых озер с брызгами во время штормов и сильных ветров, а также развеивания солончаков в пустынях.

Средний вынос солей через 1 км береговой линии Мирового океана, Каспийского и Аральского морей составляет 750, 710 и 310 т/год соответственно. По мере продвижения воздушных масс с моря вглубь материка содержание солей в атмосфере снижается, достигая относительно устойчивой концентрации взвешенных в атмосфере солей на расстоянии 50–150 км от побережья. В составе переносимых солей преобладают хлориды натрия и магния, которые являются основными компонентами морской воды.

Ветровой вынос солей с поверхности солончаков и засоленных почв при дефляции может варьировать от нескольких десятков до нескольких десятков тысяч т/км^2 в год. Соли переносятся вместе с пылью на большие расстояния (до 2,5 тыс. км и более)

3. *Гидрогенное поступление солей в почву* из грунтовых вод и/или верховодки в усл овиях преобладающего расхода воды из почвы на транспирацию растениями и/или на испарение с дневной поверхности. Этот механизм обеспечивает активное накопление легкорастворимых солей в почве — в настоящее время часто в течение одного сезона. Аккумуляция солей в почве происходит в результате следующего сочетания процессов. Во-первых, воды, содержащие растворенные вещества, поступают в почву снизу или сбоку под гидравлическим напором и/или за счет капиллярного подъема из близко расположенного водоносного горизонта. Во-вторых, в почве вода почвенного раствора всасывается корневыми системами растений или испаряется из приповерхностного слоя почвы в условиях сухой жаркой погоды, а соли, содержащиеся в почвенном растворе, остаются в нем, увеличивая их общую концентрацию, или частично выпадают в осадок, если почвенный раствор становится насыщенным по той или иной соли. И такой процесс продолжается, пока на фоне сухой и жаркой погоды, стимулирующей испарение и транспирацию воды, сохраняется дополнительный подток вод снизу или сбоку в почву.

4. *Поступление солей в почву с растительным опадом.* Растения аридных и семиаридных регионов в

процессе своей жизнедеятельности поглощают некоторое количество ионов легкорастворимых солей (Na, Mg, Ca, Cl, SO_4) из почвы, пород зоны аэрации и/или грунтовых вод. При отмирании растений соли в качестве зольных элементов попадают на поверхность почвы с опадом и поступают в почву после минерализации последнего. Величина поступления минеральных солей из растительного опада в сухих степях, полупустынях и пустынях составляет от 40 до 500 кг/га. Эти соли принимают участие в процессе почвообразования, но как источник засоления почв и грунтов решающего значения не имеют.

5. *Поступление солей в почву в ходе антропогенных воздействий*. Отметим наиболее важные ситуации.

1) *Поступление солей с оросительной водой*. Вторичное засоление почв всегда возникает, если удельная электропроводность оросительной воды при температуре 25°С выше 4 дСм/м или минерализация воды больше 4–5 г/л. Это происходит за счет того, что оросительная вода замещает почвенный раствор исходной почвы и, во-первых, сама по себе создает концентрацию солей, характерную для засоленных почв, во-вторых, концентрация солей в почвенном растворе обычно увеличивается за счет расхода воды на транспирацию и накопления солей в почве.

Если оросительная вода содержит меньшее количество

солей, принципиально важны три ситуации.

Во-первых, при создании промывного ирригационного режима на фоне дренажа поступающие в почву соли не вызывают вторичного засоления. Вместе с тем в этом случае происходит изменение состава обменных катио- нов поверхностных горизонтов в сторону накопления обменных натрия (Na^{+}) и магния (Mg^{2+}) за счет вытеснения части обменного кальция. В результате возможно развитие вторичного осолонцевания почв. При отсутствии дренажа или неэффективной его работе промывной ирригационный режим может приводить к подъему уровня грунтовых вод выше критического, создавая предпосылки для развития вторичного засоления.

Во-вторых, вторичное засоление почв возможно через некоторое время при создании непромывного ирригационного водного режима за счет посте- пенного накопления солей без их удаления.

В-третьих, имеет значение химический состав оросительных вод. Использование гидрокарбонатно-натриевых или содовых вод даже при низкой их минерализации вызывает быстрое резкое ухудшение водно-физических свойств орошаемых почв и провоцирует вторичное осолонцевание почв.

2) *Поступление солей в почву при утилизации или сбросе*

сточных вод, солевых и буровых растворови прочих промышленных вод. Возможность развития вторичного засоления и/или осолонцевания почв зависит от концентрации, состава солей в водах, количества подаваемой в почву воды, режима подачи и в целом создаваемого водно-солевого режима в конкретных климатических, почвенных и гидрогеологических условиях.

3) Поступление солей в почву с вносимыми удобрениями, мелиорантами или какими-либо твердыми веществами разного происхождения (промышленными отходами, вскрышными породами и т.п.), влияние этих веществ на почвообразование зависит от их количества, состава (в том числе солевого состава), дисперсности, характера смешивания с почвой и конкретного сочетания всех факторов почвообразования.

1.2. Условия развития вторичного засоления и вызывающие их виды антропогенного воздействия

В каждом конкретном случае возникновение и развитие вторичного засоления может быть спровоцировано любым из известных факторов почвообразования, т.е. климатом, почвообразующей породой, деятельностью (или ее прекращением) живых организмов, рельефом, природными водами и гидрогеологическими условиями их миграции, скоростью и длительностью разных процессов (фактор

времени) и хозяйственной деятельностью человека. Вместе с тем в конечном счете всегда работает сочетание всех этих факторов, определяя характер, направление, интенсивность и пространственную локализацию процесса вторичного засоления. По этой причине при рассмотрении отдельных факторов мы будем оценивать потенциальную их опасность для возникновения и развития вторичного засоления почв, предполагая, что эта потенциальная опасность может быть реализована на фоне всей совокупности условий при наличии источников легкорастворимых солей.

1. Климатически обусловленная потенциальная опасность развития вторичного засоления

Накопление солей в почве часто происходит в процессе испарения и транспирации почвенной влаги на фоне отсутствия или очень слабого промывания почвы атмосферными осадками и/или водами поверхностного притока. Это соответствует непромывному, выпотному или десуктивно-выпотному водному режиму почв по классификации А.А. Роде. Такие водные режимы функционируют в условиях сухого жаркого климата, для которого характерны относительно небольшое годовое количество атмосферных осадков, сравнительно высокая температура воздуха в течение большей части года и низкая относительная влажность воздуха. В этом климате

испаряемость (т.е. испарение с открытой водной поверхности) превышает общее количество выпадающих атмосферных осадков. Иными словами, коэффициент увлажнения по Н.Н. Иванову (КУ) меньше единицы.

Такие климатические условия характерны для аридных регионов: пустынь и полупустынь (КУ < 0,2) и полуаридных или семиаридных регионов: сухих степей (0,2 < КУ < 0,3), степей (0,3 < КУ < 0,7), а также, в отдельные годы, для лесостепей (0,7 < КУ < 0,9).

Другим показателем, широко используемым для характеристики засушливости климата, является радиационный индекс сухости (К) М.И. Будыко (1956). Он показывает, во сколько раз количество поступающей солнечной энергии (радиационный баланс) превышает энергию, необходимую для ис- парения выпавших осадков. Для лесостепи 1 < К < 1,3; для степной зоны 1,3 < К < 2,5; для полупустынь и пустынь 2,5 < К < 15. Иными словами, в аридных и семиаридных условиях существует дефицит атмосферной влаги, который растения стараютсякомпенсировать за счет потребления воды корневыми системами из более глубоких горизонтов зоны аэрации, капиллярной каймы или непосредственно из верховодки или грунтовых вод.

Выпадающие сравнительно редкие атмосферные осадки

увлажняют поверхностные горизонты почвы до некоторой глубины. Вместе с тем в засушливом жарком климате эта влага быстро расходуется на испарение с поверхности и на потребление и транспирацию растениями. При наличии близко расположенных грунтовых вод возникает существенно более мощный поток воды вверх. Испарение и транспирация воды, подтягиваемой в почву из водоносного горизонта, приводят к постепенному концентрированию солей в почвенном растворе и засолению почвы.

При глубоком залегании грунтовых вод, когда капиллярная кайма не достигает почвенного профиля и мало доступна корням растений, реализация потенциальной климатически обусловленной опасности вторичного засоления затруднена, поскольку реальное суммарное испарение и транспирация ограничены поступающими осадками. В таких автоморфных условиях почвы могут оставаться незасоленными длительное время.

Вместе с тем это шаткое равновесие легко нарушается при поступлении легкорастворимых солей из атмосферы за счет их ветрового переноса с акваторий океана, морей и соленых озер или с территорий развеваемых засоленных почв и солончаков. Небольшое количество атмосферных осадков увлажняет почву, но не промывает ее. Поэтому поступившие в почву соли остаются в ней и накапливаются в течение времени в

поверхностных горизонтах до глубины среднего многолетнего промачивания атмосферными осадками.

2. Вторичное засоление почв, связанное с засолением пород зоны аэрации

В предшествующие эпохи развития Земли в земной коре накопилось большое количество осадочных пород, содержащих легкорастворимые соли. При отсутствии циркуляции воды в таких отложениях соли могут пассивно сохраняться длительное время. Вместе с тем их наличие создает потенциальную опасность при нарушении сложившихся условий.

При обсуждении потенциальной опасности вторичного засоления почв следует обратить внимание на наличие легкорастворимых солей в породах зоны аэрации рассматриваемой территории. Чем ближе к дневной поверхности и чем больше солей содержится в породах зоны аэрации, тем выше потенциальная опасность засоления почв. В первую очередь, имеют значение запасы солей в слоях 1–2, 2–5 м и более глубоко залегающих породах зоны аэрации вплоть до регионального водоупора.

Потенциальная опасность вторичного засоления от наличия запасов легкорастворимых солей в породах зоны аэрации реализуется после обводнения этих пород и вовлечения «законсервированных» солей в активный

оборот. В этих случаях даже при увлажнении пород зоны аэрации пресными водами формирующиеся грунтовые воды приобретают более высокую минерализацию за счет растворения содержащихся в породах солей. Далее растворившиеся соли начинают перемещаться в пространстве в соответствии с направлением гидрогеохимических потоков в геосистеме.

3. Роль рельефа в развитии различных процессов в почвах заключается в перераспределении веществ и энергии, поступающих на поверхность почвы, вдоль этой поверхности. При общем однотипном характере такого влияния, обусловленном гравитационным полем Земли и относительным положением Солнца, разные иерархические уровни строения рельефа (нано-, микро-, мезо-, макро-, мега-) имеют некоторую специфику при рассмотрении потенциальной опасности вторичного засоления.

В общем случае вогнутые и пониженные формы мега-, макро- и мезорельефа, в которых происходит накопление твердого и жидкого материала, сносимого с более высоких и выпуклых форм, характеризуются наиболее высокой потенциальной опасностью вторичного засоления. К ним относятся обширные аккумулятивные равнины, низменности, долины рек, котловины, впадины и прочие депрессии. Особенно опасны замкнутые бессточные депрессии. В

вогнутых пониженных формах рельефа происходит сосредоточение потоков поверхностных и подземных вод, с которыми мигрируют легкорастворимые соли. В результате в таких позициях формируются различные засоленные осадочные породы. К ним часто приурочены древние соляные купола. Ярким примером может служить Прикаспийская низменность, которая представляет собой медленно опускающуюся тектоническую впадину, сложенную мощной (более 10 км) толщей различных осадочных пород, включая соляные купола пермского периода и морские соленосные отложения разных стадий трансгрессий Каспийского моря.

Различие влияния мега-, макро- и мезорельефа обусловлено масштабом процессов. Мега- и макрорельеф определяет глобальные и региональные потоки вещества на поверхности Земли, действующие в течение длительных периодов времени. В результате в обширных депрессиях повышается вероятность распространения засоленных пород различного возраста и происхождения, которые потенциально могут быть приурочены к любым формам мезорельефа.

В свою очередь, формы мезорельефа тесно связаны с современными процессами местного перераспределения вещества, предопределяя области сноса и растворения вещества с возвышенных выпуклых элементов рельефа и аккумуляции в пониженных вогнутых элементах.

Микро- и нанорельеф иначе влияет на развитие вторичного засоления почв. Это связано с существенным действием капиллярных явлений передвижения влаги и солей на небольших расстояниях. Дождевые осадки или талые воды, не впитавшиеся в почву, имеют ту же тенденцию, как на более крупных формах рельефа, стекать с относительно повышенных элементов (микро- и нанобугорков) в пониженные (микро- и нанозападины), способствуя более сильному или длительному увлажнению почв в западинах. Это обычно сопровождается промыванием по крайней мере верхних горизонтов почв с тенденцией уменьшения в них содержания солей или полного их выноса за пределы почвенного профиля. На этом фоне почвы на относительно повышенных формах микро- и нанорельефа, с одной стороны, испытывают меньшее увлажнение с поверхности, с другой, они выступают в роли «фитилей», в которые под действием градиента почвенной влаги в вертикальном (из нижних горизонтов) и горизонтальном (из-под соседних западин) направлениях происходит подтягивание воды и растворенных в ней солей. Примером такого влияния микрорельефа служат каштановые солонцовые комплексы Прикаспийской низменности. В частности, на территории Джаныбекского стационара амплитуда микрорельефа (разница высоты между микроповышением и микропонижением)

варьирует от 20 до 60 см на расстоянии от 5 до 15 м (реже больше). Почвенный покров представлен мелкими и средними солончаковыми сильнозасоленными лугово-степными каштановыми солонцами, приуроченными преимущественно к микроповышениям, лугово-каштановыми незасоленными почвами в днищах микрозападин и светло-каштановыми несолонцеватыми и солонцеватыми почвами разной степени засоления на промежуточных позициях микросклонов

3. Влияние природных вод и гидрогеологического строения

Природные поверхностные и подземные воды являются важнейшей средой, посредством которой происходит передвижение легкорастворимых солей на Земле. По этой причине количество этих вод, концентрация и состав растворенных в них солей, условия их формирования, передвижения, испарения и превращения в лед имеют важное значение для оценки потенциальной опасности развития вторичного засоления почв.

Главную опасность представляют минерализованные грунтовые воды, залегающие близко к дневной поверхности, настолько, что капиллярная кайма от них входит в пределы почвенного профиля и достигает глубины основного распространения корневых систем растений. Для отражения и оценки такого влияния было предложено понятие

критической глубины грунтовых вод, которое широко используется при проектировании дренажа на орошаемых землях. Под критической глубиной (уровнем) грунтовых вод понимается глубина преимущественного залегания зеркала грунтовой воды, выше которой происходит засоление почв за счет капиллярного подъема солевых растворов и их расхода на транспирацию растениями и/или испарение с поверхности почвы, приводя к накоплению солей. Глубина залегания грунтовых вод и их минерализация подвержена сезонным, годовым и многолетним колебаниям. В связи с этим появилось понятие критического режима грунтовых вод, под которым понимается среднемноголетний режим изменения глубины залегания зеркала и минерализации грунтовых вод, при котором формируется положительный солевой баланс почвы, приводящий к ее засолению.

Критическая глубина и критический режим грунтовых вод зависят, во-первых, от гранулометрического состава, агрегированности материала пород и почв, их гидрофизических свойств, которые определяют высоту капиллярного поднятия воды в дисперсной пористой среде, во-вторых, от минерализации грунтовых вод, определяющей возможное потенциальное количество солей, которое может поступать в почву, в-третьих, от климатических условий, которые определяют увлажнение почвы сверху и

возможность сезонного вымывания солей за пределы почвенного профиля, а также длительность периодов преимущественно восходящего потока капиллярной влаги от грунтовых вод в почвенный профиль.

Гидрогеологическое строение территории определяет условия миграции воды и солевых растворов (скорость, направление), области их сосредоточения и разгрузки. С точки зрения оценки потенциальной опасности развития вторичного засоления почв важно выявление таких геологических структур, которые могут приводить к возникновению относительных водоупоров при поступлении воды. Обычно временное или более длительное (в зависимости от количества поступающей воды) накопление воды происходит возле границ существенного изменения гидрофизических характеристик почвенных горизонтов или слоев осадочных пород. Поэтому в общем случае потенциальная опасность вторичного засоления почв выше на территориях, имеющих сложное геологическое и гидрогеологическое строение, представленное частым чередованием слоев разного гранулометрического состава, и прочие особенности литологического состава и строения.

Для условий Куро-Араксинской низменности выделяется несколько генетических форм засоления почв, связанных с

гидрогеологическими условиями: флювиальную, фреатическую и инфлюкционную. Флювиальная форма обусловлена приносом солей поверхностно текучими водами со стороны и накоплением солей при испарении этих вод в местах их сосредоточения, включая случаи образования временной верховодки. Фреатическая форма засоления связана с поступлением солей в почву из грунтовых вод за счет капиллярного поднятия солевых растворов. Она возможна в нескольких видах. Во-первых, на низких речных террасах, низких аллювиально-аккумулятивных равнинах, приморских дельтах и др. засоление почв возникает за счет подъема солей капиллярной каймой, связанной с неподвижным бассейном грунтовых вод. Во-вторых, возле естественных и искусственных водоемов, питаемых поверхностными водами (морские побережья, берега некоторых озер, близ болот, около вновь построенных прудов, водохранилищ и т.п.), наблюдается напорное питание грунтовых вод и перенос солей в капиллярную кайму. В-третьих, засоление может возникать при капиллярном подъеме солей из грунтовых вод, движущихся по уклону местности. В этом случае вследствие сопротивления, оказываемого грунтом движущейся в нем воде, грунтовые воды текут с замедляющейся скоростью и постепенно приближаются к дневной поверхности, испытывая более или

менее выраженный подпор. Инфлюкционная форма засоления связана с напорным подъемом подземных вод к дневной поверхности (особенно в районах распространения грязевых сопок).

Обобщая многочисленные исследования разных авторов опыта орошения почв в Средней Азии на основе анализа морфоструктурного, геологического строения и гидрогеологических условий территорий, выделяются следующие природные образования в порядке нарастающей вероятности появления засоленных почв и усложнения мер борьбы с засолением:

- современные аллювиальные равнины и дельты;
- аллювиальные равнины средне- и раннечетвертичного периодов;
- всхолмленные древние равнины с чехлом перевеянных аллювиальных отложений;
- подгорные равнины, верхние и средние их аллювиально-пролювиальные части: а) конусы выносов; б) межконусные пространства (поднятые участки древних равнин); шлейфы конусов выноса горных рек: а) современные; б) древние; шлейфы подгорных равнин: а) современные; б) древние;
- всхолмленные древние равнины с чехлом перевеянных осадочных отложений морского и другого происхождения;
- среднечетвертичные тектонические поднятия:

а) нерасчлененные плато; б) расчлененные поверхности;

- приморские равнины;

- тектонические и деструктивные понижения.

При этом следует учитывать, что «…в развитии засоленных почв решающее значение имеют наличие источников солей в виде древних аккумуляций, погребенных в толще отложений или приподнятых тектоническими процессами, которые могут подпитывать почвы с током напорных вод или переноситься с делювиальными токами».

3. Деятельность человека

Деятельность человека создает потенциальную и реальную опасность развития вторичного засоления почв, во-первых, путем изменения водного баланса территорий и, во-вторых, путем целевой организации или непредвиденной провокации потока солей через почву. Хорошо известны часто встречающиеся ситуации, приводящие к возникновению и развитию вторичного засоления почв:

- полив водами повышенной минерализации;

- создание ирригационно-выпотного водного режима, в результате которого грунтовые воды находятся на глубине выше критической и расходуются на испарение и транспирацию;

- заболачивание, подтопление прибрежных территорий и региональный подъем уровня грунтовых вод при

строительстве искусственных водоемов (прудов, водохранилищ);

-подъем грунтовых вод, подтопление и/или заболачивание богарных земель в гидрогеологически и геохимически подчиненных позициях ландшафта по отношению к орошаемым массивам и элементам оросительной и дренажной сети, подводящей и отводящей воду;

- локальный подъем грунтовых вод или формирование сезонной верховодки на водоразделах и их склонах, имеющих близко расположенные к поверхности слабоводопроницаемые породы, за счет изменения водного режима почв при землепользовании (противоэрозионные мероприятия, направленные на перевод поверхностного стока во внутрипочвенный и грунтовый сток; влагонакопительные агрономические приемы, системы сухого земледелия, предусматривающие регулирование водного режима почв, строительство дорог и других линейных объектов и др.);

- подъем грунтовых вод и изменение водного режима почв при сведении леса в условиях жаркого климата;

- обводнение пород зоны аэрации, содержащих легкорастворимые соли, вызывая активизацию их миграции в ландшафте;

- существенное перераспределение речного стока в аридных регионах, приводящее к высыханию (частичному или

полному) естественных водоемов (озер, морей, например, Аральского моря), образованию на их месте солончаков с последующим воздушным переносом солей на различные расстояния (от десятков до тысяч километров);

- сброс технологических растворов с высокой концентрацией солей (буровых растворов) на незасоленные почвы; в этих ситуациях (добыча нефти, газа) происходит засоление почв и повышение минерализации грунтовых вод.

Наиболее часто встречающимися причинами вторичного засоления почв являются:

-подъем грунтовых вод выше критического уровня; обычно это происходит на орошаемых массивах, на подтопляемых и заболачивающихся территориях в зоне действия оросительных каналов, различного рода искусственных водоемов (прудов, водохранилищ); в этих условиях грунтовые воды интенсивно расходуются на испарение и транспирацию естественными растительными сообществами или культурной растительностью, что приводит к накоплению легкорастворимых солей в почвенном профиле;

-полив минерализованными водами; поскольку большая часть оросительной воды расходуется на транспирацию, в условиях недостаточной промывки осадками и оросительной водой в почве накапливаются легкорастворимые соли, привнесенные с оросительной водой.

1.3. Приемы и мероприятия, направленные на предотвращение вторичного засоления почв

Для правильного назначения и ведения мероприятий, направленных на предотвращение развития вторичного засоления на конкретном участке следует, в первую очередь, иметь отчетливые представления об источниках солей на рассматриваемой территории, возможных путях их передвижения и мест аккумуляции.

Поскольку причины и условия возникновения вторичного засоления почв достаточно разнообразны, то при наличии потенциальной опасности этого явления целесообразно пользоваться услугами специалистов для выработки профилактических мероприятий.

Важным и, в известной степени, первостепенным профилактическим мероприятием следует рассматривать *ограничение поступление солей из разных источников*, а в идеале *полное исключение поступления солей* на конкретный участок.

С практической точки зрения такая задача проще всего решается в отношении солей, поступающих с водами, используемых для орошения. В этой ситуации возможны два решения. Первое из них — это замена, если она возможна, источника оросительной воды на такой, в котором качественный состав и общая минерализация воды не

вызывают вторичного засоления и/или осолонцевания. Второе решение — полный отказ от орошения участка при отсутствии пригодных для этих целей источников воды. В этом случае следует обсуждать варианты богарного использования участка.

Естественно, следует *избегать поступления на участок солевых растворов разного происхождения* (буровых растворов, сточных вод, в ряде случаев дренажных вод и т.д.).

Если соли поступают в почву из близко расположенных грунтовых вод, то необходимо *организовать дренаж*. Причины высокого стояния или подъема уровня грунтовых могут быть разными: естественное гидрогеологическое строение территории, подтопление прудами и водохранилищами, потери воды на инфильтрацию из проводящей сети оросительных систем, формирование купола грунтовых вод под орошаемыми массивами и участками, растекание этого купола в стороны и др. Правильное установление конкретных причин позволяет выбрать вид и параметры дренажа для конкретных условий. Для проектирования и строительства дренажа следует обращаться в специализированные организации.

Эоловое поступление (перенос ветром) солей на участок с акваторий морей и соленых озер или с поверхности

развеваемых солончаков ограничить едва ли возможно. В этих условиях профилактика развития вторичного засоления может включать *приемы весеннего влагонакопления в почве*, за счет которого происходит частичное промывание почвенного профиля от накапливающихся за летне-осенний период солей в нижележащие породы зоны аэрации. Весеннее накопление влаги в почве можно осуществлять посадкой узких лесополос или кулис из высокостебельных культур, возле которых происходит накопление снега. При этом следует иметь в виду, что такие приемы основаны на *перераспределении* снега в пределах ограниченной территории. Поэтому накопление снега на конкретном участке происходит за счет его сбора со сравнительно большой окружающей площади. В результате получается оазисный (локальный, очаговый) характер использования территории, при котором профилактику развития засоления возможно вести только на небольшой площади (в «оазисе») за счет имеющихся природных ресурсов окружающей среды.

В лесостепной, степной, сухостепной и полупустынной зонах России достаточно много территорий, на которых грунтовые воды находятся глубоко (более 7 м) и породы зоны аэрации содержат легкорастворимые соли. Но эти соли в известной мере «законсервированы» до тех пор, пока породы не обводены. Любые действия, приводящие либо

к подъему грунтовых вод и обводнению пород бывшей зоны аэрации, либо к возникновению заметного нисходящего потока влаги через них, вызывают растворение «законсервированных» солей и вовлечение их в активный геохимический оборот. Поэтому важным профилактическим мероприятием становится вся система ведения хозяйства на таких территориях. С рассматриваемой точки зрения предотвращения вторичного засоления, *система хозяйства должна включать и предусматривать специальные ограничения*. Среди них отметим два наиболее важных.

Первое ограничение включает проектирование и поддержание непромывного водного режима почв, для которых он характерен при естественном функционировании. Это касается черноземов обыкновенных, черноземов южных, каштановых и бурых полупустынных почв. В ряде случаев допустимо создание периодически промывного водного режима почв с ограниченным стоком почвенных вод за пределы нижней границы корнеобитаемого слоя, не вызывающего подъема грунтовых вод.

Выполнение этого ограничения возможно при ведении традиционных и адаптивно-ландшафтных систем «сухого» земледелия, рассчитанных на поступление воды только за счет атмосферных осадков и предусматривающих известные

способы накопления и сбережения влаги в почве для ее использования выращиваемыми культурами. Осложнения могут возникать на территориях со сложным гидрогеологическим строением, на которых на глубине 3–5 м имеются относительные или абсолютные водоупорные слои пород, способствующие формированию верховодки или постоянного уровня грунтовых вод.

Вторым ограничением является необходимость поддержания грунтовых вод на их исходной глубине, с одной стороны, не провоцируя и, с другой стороны, препятствуя их подъему. Выполнение этого ограничения возможно на основе прогнозирования глубины и минерализации грунтовых вод при планировании любых мероприятий, которые меняют баланс как поверхностных, так и подземных вод территории.

Действиями, провоцирующими локальный или общий подъем уровня грунтовых вод, являются:

1) создание прудов на водораздельных пространствах или в верховьях балок;

2) создание прудов и водохранилищ на реках;

3) строительство оросительных и оросительно-обводнительных каналов разного уровня (магистральных, межхозяйственных и внутрихозяйственных распределителей) в земляном

русле;

4) орошение участков;

5) аварии на закрытых трубоводопроводах различного назначения и каналах, имеющих противофильтрационную защиту;

6) намеренное или ненамеренное создание препятствий на пути движения вод поверхностного стока (различные противоэрозионные сооружения, грунтовые дороги, насыпи разного назначения и т.д.);

7) изменение движения подземных вод при добыче полезных ископаемых или строительстве.

Действия, которые препятствуют подъему грунтовых вод, обычно сводятся к организации правильного необходимого и достаточного дренажа, проектирование и строительство которого следует осуществлять с помощью специализированных организаций.

Тема 2. Опустынивание земель

Опустынивание земель — процесс аридизации климата и изменения экосистем, в особенности заметный на протяжении исторического периода — голоцена. Он хорошо диагностируется с момента зарождения земледелия, особенно при смене плювиальных эпох аридными. Это приводило в различных регионах Мира к снижению продуктивности почв,

деградации земледелия как основы существования человека, погребению пахотных земель под эоловыми наносами. Достаточно сослаться на *североафриканский* регион, где в римскую эпоху процветало богарное земледелие, оставившее свои следы в почвенных профилях на равнине Джеффара — Северная Ливия, а также на территорию Средней Азии, где в междуречье Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи огромные площади заняты древними землями орошения.

Опустынивание земель, как проблема, обозначилась только во второй половине XX в. В основном оно связано с непрекращающимся прессом человека на природную среду, ростом населения на планете, не регулируемым использованием природных ресурсов, в том числе не возобновляемых или имеющих длительный период восстановления, к которым относятся почвы — основной биопродуктивный фонд на суше.

Впервые термин «опустынивание» был введен в науку в 1949 г. французским геоботаником А. Обревеллем, который считал опустыниванием превращение плодородных земель в пустыню в результате эрозии почв, связанной с деятельностью человека.

По определению, данному Конференцией ООН по борьбе с опустыниванием (ЮНКОД), состоявшейся в 1977 г. в Найроби, опустынивание в буквальном смысле означает *создание пустынных условий*. Опустынивание трактуется как

распространение или интенсификация пустынных условий в результате уменьшения или уничтожения биологического потенциала земли. Процесс этот, с давних времен наблюдавшийся во всем мире, исторически был связан в основном с хозяйственной деятельностью человека и, в частности, как отмечалось многими исследователями, с землепользованием, т.е. носил отчетливый антропогенный характер. В 1991 г. на основе многолетних исследований ЮНЕП определила опустынивание как деградацию земель в аридных, семиаридных и сухих субгумидных областях.

Международная общественность в лице Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием определяет опустынивание как *устойчивое снижение биоразнообразия, биологической и экономической продуктивности экосистем* — наиболее ярких, легко диагностируемых по космическим снимкам процессов деградации и проявлений опустынивания на ранних его этапах.

Проблемами опустынивания занимались многие ученые в нашей стране и за рубежом. Выделяется три формы взаимодействия человека с пустыней: адаптивное, негативный нейтрализм и активное освоение земель, ведущее к формированию антропогенных ландшафтов.

В результате обобщения и анализа содержания всех предложений по определению «опустынивания» в тексте

Международной конвенции по борьбе с опустыниванием, принятой в Париже 14–15 октября 1994 г., сформулировано, что «…опустынивание означает деградацию земель в засушливых, полузасушливых и сухих субгумидных районах в результате действия различных факторов, включая изменение климата и деятельность человека».

Индикаторы опустынивания земель — это конкретные негативные изменения компонентов ландшафта, условия, явления и процессы, указывающие на наличие опустынивания.

Комплексным индикатором опустынивания является деградация земель, а признаками деградации: снижение продуктивной способности почв и растительного покрова, формирование опустыненных (эоловых) ландшафтов, котловин выдувания и др.

Классическим индикатором опустынивания земель служит деградация растительного покрова, выражающаяся в сокращении проективного покрытия, изменении ботанических показателей, получаемых прямыми, но трудоемкими полевыми исследованиями. Одним из важнейших среди них является изменение структуры растительного покрова. При этом либо преобладают стадии восстановительной сукцессии, либо обедненные сообщества одной из стадий пастбищной дигрессии.

Собственно почвенными индикаторами опустынивания, прямо указывающими на причины возникновения этого явления, обычно считают: ветровую эрозию и формирование бронирующего коркового горизонта и эолового чехла на поверхности почв, водную эрозию, засоление почвенного профиля, деструктуризацию гумусового горизонта на фоне уменьшения содержания гумуса, снижение содержания питательных веществ, техногенное опустынивание (механические нарушения почвенного покрова, уплотнение почв при использовании тяжелой техники, загрязнение почв тяжелыми металлами и др.). Широко распространенный в последние десятилетия в аридных и субгумидных регионах естественный и антропогенный (при орошении) подъем уровня грунтовых вод, приводит к устойчивому изменению свойств почв: вторичному засолению и осолонцеванию, а при орошении черноземов — слитизации и снижению их плодородия, что также является индикаторами опустынивания.

Индикаторов опустынивания земель достаточно много. Часто они видны невооруженным глазом. Однако для качественно-количественной оценки, определения тенденций при характеристике процессов опустынивания неоходимы экспериментальные мониторинговые многолетние данные. При этом роль растительного (более мобильного и

отзывчивого на опустынивание компонента биосферы) и особенно почвенного (более консервативного, но устойчиво фиксирующего в свойствах почв все изменения природных условий) покровов неизмеримо возрастает.

Современное состояние проблемы опустынивания

Многочисленные исследования в нашей стране и Мире убедительно свидетельствуют, что опустынивание земель — природно-антропогенный взаимосвязанный процесс. По данным ЮНЕП, из 49 выявленных причин опустнивания 87% приходится на нерациональное использование человеком воды, земли, растительности, полезных ископаемых и только 13% относится к природным процессам. Поэтому в значительной степени оптимизация обстановки возможна при регулировании антропогенных факторов почвообразования, снижения деградации и на конечном этапе восстановления плодородия ранее нарушенных почв.

Ареал опустынивания, который наиболее четко проявляется в области распространения засушливых земель, ограничен по рекомендации Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием индексом влажности климата, вычисляемым по методу Торнвейта (отношение среднего ежегодного уровня осадков к потенциальной эвапотранспирации), в диапазоне от 0,05 до 0,65%.

Следует заметить, что деградация почв, охватывающая земли более гумидных регионов и обусловленная преимущественно антропогенными факторами в данной работе не рассматривается, как и ареалы этих почв с индексом влажности выше 0,65%.

На карте среднего многолетнего индекса влажности Торнвейта на территории России за период с 1936–2000 гг. 2 изолиния индекса 0,65% отделяет сухостепные ландшафты от типичных степных. Тем самым очерчивается ареал опустынивания земель России. Точные данные о площадях засушливых земель в России в силу объективных причин сильно варьируют. Называются цифры в 61 млн га, 67 и 158 млн га, 100–120 млн га, 212 млн га.

В Российской Федерации опустыниванием в той или иной мере охвачено 27 субъектов Российской Федерации. Наибольшие площади засушливые земли занимают в европейской части России — около 43 млн га (Самарская, Саратовская, Волгоградская, Ростовская, Оренбургская и Астраханская области, а также Ставропольский край и Республики: Татарстан, Чеченская, Калмыкия и Дагестан). В Азиатском (Западно-Сибирском) секторе площадь засушливых земель меньше и составляет около 24 млн га (Омская, Новосибирская, Курганская, Челябинская области и Алтайский край).

Интенсификация хозяйственной деятельности на не тронутых человеком территориях или, чаще, наложенная на ранее деградированные и истощенные богарные, орошаемые и пастбищные земли, создает угрозу возникновения процесса опустынивания, превращения их в бесплодные и опасные для сосед- них земель, еще не затронутых этим процессом.

По мнению многих исследователей аридизация суши служит природной предпосылкой опустынивания. Непосредственной действующей силой опустынивания является человек, который в процессе своей нерациональной хозяйственной деятельности реализует созданную природой потенциальную опасность возникновения и развития данного процесса.

Поскольку последствия антропогенной деятельности в основном зависят от социально-экономических факторов, то и проблема опустынивания является столь же социально-экономической и политической, сколь экологической.

Таким образом, опустынивание земель — один из самых разрушительных природно-антропогенных процессов современности. Процессы опустынивания в настоящее время развиваются повсеместно и в нарастающих размерах. Их влиянию прямо или косвенно подвержено около 110 стран мира. Ежегодные финансовые потери в мире лишь от

опустынивания, не считая засух, оцениваются в 42 млрд долларов США.

Первоочередными областями действий в области опустынивания в настоящее время остаются значительное улучшение планирования землепользования и водопользования, мониторинг и оценка опустынивания, подготовка кадров и прикладные полевые исследования в целях повышения национального потенциала в области борьбы с опустыниванием. Все эти мероприятия являются составной частью национальных программ или планов действий по борьбе с опустыниванием и рассматриваются в контексте государственных планов развития экономики

Последние 20 лет, глобальная проблема опустынивания стала еще острее. Связано это, в первую очередь, с усиливающимся антропогенным воздействием, при котором тенденции изменения экосистем во многих случаях приобретают необратимый характер. При этом границы земель, подвергшихся опустыниванию, расширяются. Отмечены значительные темпы опустынивания в азиатском регионе России. Растет новая пустыня в Забайкалье в результате неумеренной вырубки лесов, распашки песчаных почв. В республике Бурятия за последние 15–20 лет зафиксирован трехкратный рост эродированных и дефлированных земель, что привело к деградации 47,3%

площади всей пашни.

Таким образом, современное состояние проблемы опустынивания земель можно рассматривать как целиком зависимое от характера внедрения человека в сферу природных экосистем. Адаптированное внедрение — сдерживающий фактор опустынивания, тогда как обусловленное социально-экономическими и политическими причинами, напротив, приводит к резкому усилению антропогенного опустынивания и косвенным образом провоцирует климатическое.

В то же время нельзя не учитывать, что в Мире, в том числе и на территории России, имеют место процессы реопустынивания, протекающие на фоне позитивных климатических изменений (увеличения увлажнения) и снижения антропогенного вмешательства в связи с потерей биопродуктивности пастбищной зоны, формирования дюнного рельефа и других форм и типов деградации почвенного покрова.

Опосредованное влияние на опустынивание земель в России оказывают ближайшие опустыненные регионы: Туранская низменность и плато Устюрт. Они являются резко полярными по гидрологическим, морфолитологическим и почвенным условиям, что на сравнительном уровне дает возможность оценить прямые и косвенные последствия

опустынивания земель.

2.2. Факторы и причины возникновения и развития опустынивания земель

Опустынивание территорий возникает в результате природных и антропогенных факторов. **Природное** или естественное опустынивание земель может быть обусловлено множеством факторов, воздействие которых приводит к аридизации, изменению экосистем, деградации земель, по сути временной или окончательной потере потенциальной продуктивности биокосной оболочки Земли. Наиболее важными среди них можно назвать климатические, гидрогеологические, геоморфологические, литологические, биотические и ландшафтно- геохимические условия. Сложная взаимосвязь этих факторов, которые могут «работать» как катализаторы или, напротив, «тормозить» опустынивание, определяет разный характер и скорость опустынивания земель в нашей стране и Мир.

Климатические условия являются определяющим фактором опустынивания земель. Аридизация климата считается «начальной фазой опустынивания» и характеризуется: 1) обратимой утратой части растительного покрова; 2) деградацией части растительного покрова с низкой способностью к восстановлению в условиях чрезмерной антропогенной нагрузки.

На карте аридных территорий ЮНЕСКО, целью которой было установление границ мировых аридных территорий, с учетом степени аридности природно-хозяйственных комплексов выделены следующие биоклиматические зоны:

Экстрааридная (гипераридная) зона — территории соответствующие настоящей пустыне, с осадками менее 100 мм/год, лишенные растительного покрова, за исключением растений-эфемеров и кустарников по руслам водотоков. Земледелие и животноводство невозможно, кроме оазисов.

Аридная зона — территории с осадками 100–200 мм/год, с разреженной, скудной растительностью, представленной многолетними и однолетними суккулентами. Неорошаемое земледелие невозможно. Зона кочевого скотоводства.

Семиаридная зона — территории с годовой суммой осадков 200–400 мм, включающие антропогенные пустыни, превратившиеся в пустыню из-за чрезмерной эксплуатации (опустынивания). Растительность представлена кустарниковыми сообществами с прерывистым травянистым покровом. Зона возделывания богарных сельскохозяйственных культур (сухого земледелия) и животноводства.

Субгумидная (недостаточного увлажнения) зона — территории с осадками 400–800 мм/год, включающие тропические саванны, маквис средиземноморского типа,

чапарель и черноземные степи. Зона традиционного богарного земледелия, для которой характерно увеличение аридности под влиянием антропогенных факторов.

Определяющим фактором такого деления аридных территорий является сумма годовых атмосферных осадков. Очевидно, что данный чисто климатический критерий без учета антропогенного влияния не отражает истинных причин опустынивания. Тем не менее соотношение количества осадков и испаряемости (эвапотранспирации) — общепринятый критерий опустынивания. Кроме общеклиматических планетарных причин опустынивания, большую роль в этом процессе играют региональные климатические факторы. Чрезвычайно опасны, например, сильные ветры и фёны, широко распространенное природное явление в Мире и нашей стране.

Основными индикаторами климатического опустынивания во всем мире являются особенности или изменчивость экосистем в зональных растительном и почвенном покровах. В типичных пустынях Средней Азии доминирует радиационный тип теплообмена, тогда как в более северных сухостепных и полупустынных экосистемах — эвапотранспирационный. При этом содержание фитомассы около 0,5 т/га является пороговым и принимается в качестве индикатора радиационного типа теплообмена и,

следовательно, климатического опустынивания.

Гидрогеологические и морфолитогенные условия. История формирования любой территории, ее геологическое прошлое, современный экзогенез, литология и гидрография оказывают существенное влияние на процессы опустынивания. Основные регионы опустынивания земель России характеризуются сложным комплексом мезорельефа, разнообразными почвообразующими и подстилающими породами, экзогенными процессами. Прикаспийский регион, например, несмотря на низкие абсолютные высоты и равнинный характер рельефа, характеризуется повышенной эндогенной неустойчивостью. Современная поверхность равнины сформирована в результате последовательного отступания хазарского и хвалынского морей позднеплейстоценового возраста. Наибольшую роль в современном экзогенном рельефообразовании играют деятельность ветра, поверхностный сток и суффозия. Период регрессий Каспийского моря, например, сопровождался интенсивным субаэральным морфолитогенезом. При этом отмечалось максимальное количество пыльных бурь (более 20 в год), максимальные модули дефляции (более 20 мм/год), максимальное количество почвенного мелкозема, поступившее в воздушные потоки дальнего и сверхдальнего переноса и переотложенного в очагах аккумуляции продуктов

дефляции. В результате дефляционно-аккумулятивного морфолитогенеза на солончаковой стадии эволюции происходит глубокая трансформация почвообразующих пород, рельефа и почвенного покрова всей территории Прикаспийской низменности. До солончаковой стадии эволюции господствующее положение в рельефе, как правило, занимают мезо- и микроформы — западины и степные блюдца. На солончаковой и постсолончаковой стадиях — крупные формы эолового рельефа: высокие гривы, бугры, барханы, имеющие преимущественную ориентацию вдоль направления преобладающих ветров. Соответственно меняется и гранулометрический состав почвообразующих пород: от средне-и тяжелосуглинистых до легкосуглинистых и песчано-супесчаных.

Важную роль в регионе играет гидрографическая сеть, ее протяженность, резко возросшая с развитием орошения и расширением сети оросительных каналов, а также общий врез и скорость стока, контролируемые уровнем Каспийского моря. Например, в 1914–1923 гг. орошалось 65 тыс. га, в 1975 г. на порядок больше. В настоящее время эти цифры существенно превышены, но и они не отражают истинных площадей используемых под орошение. При этом снижается уровень грунтовых вод, а сброс вод в депрессии приводит к усилению гидроморфизма, подъему засоленных

грунтовых вод и вторичному засолению. Оба эти процесса ведут к опустыниванию земель. Таким образом, гидрология и, в частности уровень грунтовых вод, является важнейшим фактором почвообразования и опустынивания земель.

При существующих региональных различиях опустыненные земли России имеют общие черты. К ним относится, в первую очередь, преимущественно равнинный характер рельефа. К этому можно добавить его общую неустойчивость, что приводит к формированию микро- и мезоформ. Деградация растительного покрова на почвах легкого гранулометрического состава неизбежно приводит к усилению дефляции и формированию эоловых аккумуляций. Эти процессы протекают в сходных геотекстурных условиях платформенного типа. Современное экзогенное рельефообразование проявляется в виде форм, образованных в результате процессов водной эрозии, суффозии и дефляции, характерных для всех регионов, где отмечается опустынивание земель. При этом антропогенное воздействие в разных формах хозяйственной деятельности лишь усиливает общую предрасположенность природных ландшафтов к опустыниванию.

Литогенные условия опустынивания земель на территории России тесно связаны с региональными геологическими и геоморфологическими особенностями. Почвы легкого

гранулометрического состава более подвержены процессам деградации, что при прочих равных условиях способствует опустыниванию. В силу легкого состава почвы не накапливают влагу, растительность на них более разреженная, псаммофитовая, что при перевыпасе скота и разрушении поверхностного закрепленного горизонта многократно усиливает процессы дефляции и формирование дюнного рельефа, наблюдаемого не одно десятилетие в Калмыкии. Только увеличение в последние десятилетия количества осадков и увлажненности почв юга России притормозило процесс ускоренной деградации почв, переведя его из разряда катастрофических в кризисные. Но даже смена природных климатических условий на более благоприятные не является гарантией прекращения деградации земель, поскольку антропогенное опустынивание в этом регионе доминирует.

Биотические условия. Состояние растительности — наиболее чуткий и универсальный диагностический показатель изменений условий среды, приводящих к опустыниванию, в частности, уменьшение увлажнения и увеличение испаряемости, дефляция и водная эрозия, флуктуации уровня грунтовых вод, степень засоления, осолонцевания и оглеения почв.

Существуют разные ботанические критерии для характеристики опустынивания. Среди них используются вышеупомянутый индекс NDVI, вес зеленой фитомассы,

структура и видовое разнообразие растительности. По общему мнению специалистов-ботаников, уровень разнообразия сосудистых растений при опустынивании в целом не меняется в зависимости от площади региона (гамма-разнообразие), а связан, главным образом, с уровнем сообщества (альфа-разнообразие). При этом основные изменения в растительном покрове при опустынивании обусловлены площадями сообществ с малым количеством видов, что и определяет степень деградации растительного покрова.

На землях, подверженных опустыниванию, наиболее изменчивы структура растительного покрова и скорость динамики растительности по сравнению с другими ботаническими показателями. Присутствие в растительном покрове чужеродных видов — фактор хозяйственной деятельности.

Ландшафтно-геохимические условия. Одним из следствий опустынивания земель является процесс геохимической перестройки компонентов ландшафта, формирование локальных геохимических барьеров на разных уровнях рельефа, изменение строения почвенного профиля и свойств почв. Смена растительных ассоциаций при опустынивании сопровождается изменением внутрипочвенной миграции солей. При близком залегании минерализованных вод в условиях опустыненных ландшафтов происходит прогрессивное

засоление почв, смена растительности на кустарники-галофиты, субаэральная трансформация ландшафта. На поверхности почв формируется солевая корочка, а вокруг кустарников- галофитов эоловые очаги навевания тонкодисперсной фракции мелкозема почв. В свою очередь, эта фракция — источник аэрозолей и засоления близлежащих территорий.

В Астраханской области в конце XX в. процессы сильного и очень сильного опустынивания были распространены на 40,8% территории, причем подтопленные земли, образовавшиеся в результате подъема уровня Каспия, занимали от этой площади 32,5%. Подтопление аридных земель отрицательно влияет на экологическую ситуацию региона, способствуя засолению, пере- увлажнению почв и, в конечном счете, опустыниванию земель.

Антропогенное опустынивание в России наиболее ярко проявилось в южном регионе Европейской территории и, в частности, в Калмыкии. По данным Управления федерального агентства кадастра объектов недвижимости по Республике Калмыкия, негативными процессами, обусловливающими развитие опустынивания, охвачено: водной эрозией — 516 тыс. га, ветровой эрозией — 4470 тыс. га, засолением — 2424 тыс. га (в том числе на пашне — 197 тыс. га), переувлажнением — 27 тыс. га, солонцовыми комплексами — 4305 тыс. га (в том

числе на пашне — 716 тыс. га). Общая площадь сбитых кормовых угодий составляет 3272 тыс. га (из них сильносбитых — 2163 тыс. га). За последние 20 лет площадь сенокосов в Калмыкии сократилась в 4,5 раза.

В Волгоградской области постоянно увеличиваются площади земель, подверженных опустыниванию. В настоящее время общая площадь сельскохозяйственных земель, подверженных различным видам эрозии, составляет в области 2221 тыс. га (в том числе на пашне — 1346 тыс. га), площадь солонцовых почв занимает 3482 тыс. га (в том числе на пашне — 2241 тыс. га). Очень опасным и масштабным процессом является потеря почвами гумуса. За последние 30 лет почвы потеряли от 0,2 до 0,8% гумуса, а снижение содержания гумуса на каждые 0,1% приводит к сокращению урожайности на 1–2 ц/га. Из имеющихся в области 2657 тыс. га пастбищ, более 78% имеют среднюю и сильную степень сбитости.

В Ростовской области увеличение площадей, подверженных процессам опустынивания, наблюдается в юго-восточных районах (Дубовском, Заветинском, Зимовниковском, Орловском, Ремонтненском), расположенных в зоне сухих степей и полупустынь. Опустынивание развивается здесь в результате пастбищной дигрессия, ветровой и водной эрозии, засоления и заболачивания почв, дегумификации и, локально,

техногенной деградации.

В Дагестане опустынивание земель отмечается в северной части республики. В пастбищной зоне основные причины опустынивания — ветровая эрозия и деградация растительного покрова, вызванная перевыпасом из-за резкого увеличения численности крупного рогатого скота. В прибрежных районах опустынивание связано с водной эрозией и засолением, вследствие трансгрессии моря, продолжающейся с 1978 г. по настоящее время. В зоне искусственного орошения развивается вторичное засоление почв, обусловленное нарушением технологии использования ирригационных систем на фоне близкого залегания соленых грунтовых вод.

Нерациональная хозяйственная деятельность и, как следствие, загрязнение компонентов ландшафта привнесенными извне химическими элемента- ми, в том числе тяжелыми металлами, приводит к антропогенному опустыниванию. Источниками техногенного загрязнения являются свалки твердых бытовых отходов, нефтедобывающие комплексы и заводы по переработке нефти (например, в Астраханской области).

Таким образом, опустынивание земель развивается под воздействием следующих основных факторов и видов деградационных процессов:

- *деградации растительного покрова,*
- *водной эрозии,*
- *ветровой эрозии,*
- *засоления,*
- *переувлажнения, заболачивания, подтопления,*
- *техногенной деградации,*
- *социально-экономических условий.*

Деградация растительного покрова

Нерациональное хозяйственное использование естественных кормовых угодий любых аридных территорий приводит к появлению локальных небольших очагов опустынивания (например, вокруг колодцев, кошар, населенных пунктов, дорожной сети), которые сопровождаются, в первую очередь, деградацией растительного покрова. Более обширные очаги опустынивания обусловлены распашкой земель, а также строительством ирригационных систем без достаточного научного обоснования. Так, неоправданная распашка в 1960-х гг. XX в. 110 тыс. га целинных песчаных почв Черных земель в Калмыкии, малопригодных для земледелия, привела к образованию впоследствии основных очагов дефляции и самых крупных массивов подвижных песков. Уже в начале 1970-х годов почти все новые «пашни» превратились в совершенно лишенные растительности дефляционные

эоловые комплексы общей площадью более 150 тыс. га. За 8 лет после распашки целинных земель в слабодефлированных почвах потери гумуса составили 8,4–15,0 т/га.

Нерациональное использование пастбищных угодий ведет к наиболее сильной деградации растительного покрова и антропогенному опустыниванию. Примером этого могут служить черноземельские пастбища Калмыкии, занимающие более 70% территории Калмыцкого Прикаспия. Эти земли издавна использовались в качестве зимних отгонных пастбищ. В середине 50-х годов XX в. они находились в состоянии экологического равновесия: средняя урожайность пастбищ составляла 4,1 ц/га при фактической нагрузке 0,3–0,7 условных овец на гектар (норма — 0,8).

С начала 60-х годов XX в. эти пастбища стали использовать круглогодично. Ежегодно количество выпасаемого на них скота увеличивалось и перегрузка пастбищ в этот период варьировала от 320 до 550%, а средняя урожайность в результате сильного перевыпаса снизилась до 0,8–1,4 ц/га. Процессами деградации почв и растительного покрова в эти годы было охвачено 82,7% площади республики. Территории с сильным и очень сильным опустыниванием занимали 75,8% от общей площади пастбищ, из них перевеваемые пески — 37,6%. Таким образом, в конце XX в. на территории Калмыкии сформировалась единственная в Европе *антропогенная*

пустыня, в которой не осталось места продуктивному растительному покрову.

В 1990-х годов пастбищная дигрессия в Калмыкии уменьшилась в связи с сокращением поголовья основных видов сельскохозяйственных животных, но вместе с тем активизировались процессы эрозии, заболачивания и подтопления естественных кормовых угодий, связанные, в первую очередь, с повышением уровня Каспийского моря. В результате обширные площади пастбищ превратились в болота, солончаки, пески. Подтопление кормовых угодий вблизи оросительных систем привело к накоплению солей в верхних почвенных горизонтах. Переувлажнение способствовало заболачиванию, разрастанию влаголюбивой, но малопоедаемой скотом растительности (осок, тростника). В связи с переувлажнением земель полоса тростниковых зарослей заметно продвинулась вглубь суши, вытесняя пырейные и злаково-полынные степи.

В Предуральских степях в ряду целина–сильносбитое пастбище наблюдается уменьшение величины проективного покрытия, высоты травостоя, запасов надземной фитомассы. Эти изменения в растительном покрове можно рассматривать как начальную стадию опустынивания. Как отмечает тот же автор, естественные пастбищные биогеоценозы степной и лесостепной зон в условиях снижения интенсивности их

хозяйственного использования обладают высокой природной способностью к самовосстановлению. Восстановление растительности при снижении пастбищной нагрузки происходит довольно быстро, в течение нескольких лет.

В последние годы состояние пастбищ во всех аридных районах юга России стало улучшаться, и в настоящее время фоновой является слабая степень опустынивания, на которую приходится около 68% территории, подверженной этому процессу. Результаты мониторинговых исследований за динамикой деградации растительного покрова аридных территорий, проводившиеся с 1987 по 2000 гг. на постоянных полигонах в Калмыкии, показали устойчивую тенденцию уменьшения опустынивания при различных антропогенных нагрузках.

Во всех регионах активизировались процессы восстановления растительности. В Дагестане они отмечены на 62% ранее опустыненной территории, в Астраханской области — на 58%, в Калмыкии — на 33%. Особенно наглядно эти процессы проявляются в районах пастбищного использования земель. Главными причинами восстановления растительного покрова пастбищ стали резкое уменьшение поголовья скота, проводимые мероприятия по борьбе с опустыниванием, а также наблюдающаяся в настоящее время смена аридного климатического цикла на гумидный. Так,

количество выпадающих осадков увеличилось в среднем со 180 мм (70-е годы прошлого века) до 320 мм (в конце века), снизилось количество дней с пыльными бурями и суховеями. Перечисленные природно-антропогенные факторы оказались особенно благоприятными для черноземельских пастбищ.

В целом дигрессия пастбищ, как индикатор деградации растительного покрова, является одним из основных факторов опустынивания земель не только в европейском секторе страны, но и в азиатском (Кулундинская степь в Алтайском крае). Распашка целинных земель в сочетании с увеличением поголовья скота привела во второй половине XX в. к значительному увеличению пастбищной нагрузки на нераспаханные земли. Помимо прямого уничтожения фитоценозов степи, освоение целинных земель привело к целому комплексу антропогенных воздействий на биоту. Огромные площади земель, засеянных зерновыми, вызвали увеличение численности различных вредителей, что в свою очередь потребовало проведения интенсивной борьбы с ними ядохимикатами на площадях в миллионы гектаров. Это привело к загрязнению почв и резкому ухудшению экологического состояния экосистем территорий.

Водная эрозия как антропогенный фактор опустынивания земель — чрезвычайно опасный процесс. Он приводит не только к формированию водороин, ложбин стока, оврагов и

других элементов линейной эрозии, но самое негативное — поверхностного стока, с которым выносится наиболее ценная илистая и коллоидная фракции почв, разрушается структура, снижается водопрочность агрегатов, существенно уменьшаются запасы влаги в почве, содержание гумуса, питательных веществ и в целом почвенное плодородие. Процессы водной эрозии приводят к деградации почв, восстановление плодородия которых — длительный процесс, гораздо более долгий по сравнению с изменением во времени мобильных свойств почв.

Ветровая эрозия (дефляция). Большая часть из дефлированных земель приходится на Северный Кавказ и Прикаспийский регионы, расположенные в зоне проявления опустынивания, где только за период 1997–1999 гг. наблюдалась сильная (местами катастрофическая) ветровая эрозия. Процесс дефляции, типичный для семиаридных зон, в условиях не ослабляющегося антропогенного пресса на природу только усиливается. Дефляция характерна не только для почв легкого гранулометрического состава, но и более тяжелого, вследствие механических разрушений поверхности, дигрессии растительности, разрушения агрегатов и поверхностных корочек, что особенно характерно для светло-каштановых и бурых полупустынных почв.

С развитием дефляции в районе Кизлярских пастбищ

связаны негативные изменения свойств почв. Например, произошло облегчение гранулометрического состава верхнего горизонта почв, ухудшение структурности и агрегированности гумусового горизонта, что усиливает потенциальную опустыненность территории в целом. Дефлированность почв в режиме интенсивного выпаса в 2–3 раза выше, чем в условиях без выпаса. При этом дефлированность почв увеличивалась в ряду: солончаки (0,012–0,037 $м^3$/100 $м^2$), солонцы-солончаки (0,037–0,075 $м^3$/100 $м^2$), светло- каштановые почвы (0,087–0,177 $м^3$/100 $м^2$).

Пыльные бури, типичные для пахотных земель Северо-Кавказского региона, уже многие десятилетия негативно сказываются на плодородии почв, приводят к их деградации. Количество пыльных бурь увеличивается и в южных районах Сибири (Республики Бурятия, Тыва). Совокупное воздействие климатических, а также сезонных засух и дефляции ведет к потере экосистемами естественного природного состояния и как следствие к антропогенному опустыниванию.

Подробное описание факторов и механизмов возникновения, развития дефляции и ее негативного воздействия на почвенно-растительный покров и плодородие почв дано в отдельном разделе монографии.

Засоление почв

Процессы засоления почв связаны со многими антропогенными явлениями: дигрессией пастбищ, агротехникой, характером орошения, колебанием уровня грунтовых вод и др.

Дигрессия пастбищ, например, увеличивает физическую испаряемость, что приводит к общему подтягиванию солей к поверхности. Контрастный почвенный покров территории с ярко выраженным микрорельефом является дополнительным фактором засоления почв на участках микроповышений, что ведет к еще большей дифференциации почвенного покрова по степени за- соления и снижению плодородия почв.

Со сменой уровня Каспийского моря, спуском воды из залива Кара-Богаз-Гол в 70-х годах прошлого столетия, связаны проблемы засоления почв и опустынивания земель. Три трубы диаметром около метра за несколько лет спустили воду из залива, превратив его в мощный источник солей на всю территорию плато Устюрт. Возврат воды в залив наметился при естественном и наиболее интенсивном подъеме уровня Каспийского моря в начале 90-х годов.

Колебания уровня Каспийского моря: резкие и длительные по времени периоды падения, подъема и стабильного состояния уровня моря сказываются на засолении почв. Наблюдения в последние 50 лет за характером засоления почв на

Джаныбекском стационаре наглядно свидетельствуют, что колебания уровня моря являются одним из определяющих факторов степени засоления почв и формирования специфических структур почвенного покрова в регионе.

Таким образом, засоление, как следствие воздействия различных антропогенных факторов, само по себе способствует опустыниванию земель.

Переувлажнение, подтопление, заболачивание

Переувлажнение, подтопление, заболачивание к факторам антропогенного опустынивания можно только опосредованно через подъем минерализованных грунтовых при нерациональном использовании орошаемых земель и сброс дренажных вод в бессточные бассейны — локальные аккумуляторы солей, со временем превращающиеся в источники постоянного вторичного засоления почв. Эти процессы приводят к существенному снижению продуктивности сельскохозяйственных земель и наиболее характерны для долин и дельт рек, периферии водохранилищ и оросительных каналов. Фактором, усиливающим процессы подтопления и заболачивания, является неоднородность почвенного покрова, обусловленная в опустыненных районах мезо- и микроформами рельефа. Чем выше градиент абсолютных высот между отрицательными и положительными формами рельефа или высот относительно условной фоновой

поверхности, тем больше вероятность формирования микроочагов гидроморфизма и как следствие опустынивания.

Техногенная деградация

Техногенный пресс при разработке карьеров и котлованов, строительстве дорог, каналов, парковке тяжелой техники, строительстве и эксплуатации магистральных трубопроводов, добыче нефти, локальных военных действий на Северном Кавказе оказал разрушающее воздействие на растительный покров самих техногенных объектов и прилегающих территорий. Общая площадь нарушенных в результате техногенного воздействия земель составила, например, в республике Калмыкия более 4 тыс. га.

В сопредельной с Россией зоне промышленного освоения нефтегазового месторождения Узень на Устюрте растительный и почвенный покровы были полностью трансформированы под воздействием следующих техногенных факторов деградации почв: механического нарушения, загрязнения минерализованными сточными водами и пластовыми жидкостями. Входящие в состав почвенных комбинаций естественные серо-бурые солонцеватые и солончаковатые почвы замещаются техногенно-преобразованными почвами, с измененными морфологическими и химическими свойствами.

Социально-экономические условия

Среди социально-экономических условий, определяющих опустынивание земель, выделяются несколько ключевых, на которые все больше обращают внимание при оценке антропогенных факторов: 1) освоение потенциально плодородных целинных земель привело к долговременной деградации почв, а в ряде регионов к опустыниванию; 2) экстенсивный путь в земледелии, при котором были освоены малопродуктивные почвы (солонцовые комплексы, слабозасоленные и легкие по гранулометрическому составу почвы); 3) низкое качество ирригационных систем; 4) применение агротехнологий, приводящих к разрушению почвенной структуры и вызывающих уплотнение почв.

Освоение целинных земель Оренбургской области и Казахстана, при всех положительных аспектах в социальном и экономическом развитии страны, привело к негативным последствиям — пыльным бурям, потере гумуса и продуктивности почв, деградации почвенного покрова. Великолепные продуктивные пастбища за несколько лет превратились в распахиваемые территории, что вызвало усиление эвапотранспирации и, как следствие, антропогенного процесса опустынивания.

Экстенсивный путь в земледелии непосредственно сказался на деградации почв и опустынивании земель.

Малопродуктивные почвы семиаридных и семигумидных территорий при распашке достаточно быстро теряют свое плодородие, что вызывает необходимость его восстановления или, по крайней мере, поддержания определенного уровня, при котором производство сельскохозяйственной продукции могло бы считаться рентабельным. Например, распашка легких почв, их последующая дефляция в результате пыльных бурь приводит к образованию подвижных песков и засыпанию ими продуктивных земель на сопредельных территориях. Напротив, неоправданная распашка тяжелых почв является катализатором водной эрозии, развития оврагов, усиления процессов плоскостной эрозии и ведет к потерям наиболее ценных тонкодисперсных фракций почв, гумуса, питательных веществ, почвенного плодородия.

Современные социально-экономические условия с очевидностью диктуют необходимость внедрения в земледелие адаптивно-ландшафтных методов и интенсивных технологий с выводом из сельскохозяйственного оборота малопродуктивных и наиболее потенциально опасных с точки зрения опустынивания почв.

В зонах периодических засух и в целом рискованного земледелия, орошение — необходимое условие сохранения урожая и/или повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Нарушение научно обоснованных приемов

использования орошаемых земель приводит к подъему грунтовых вод, подтоплению, усилению процессов окарбоначивания, осолонцевания и засоления почв. Процессы вторичного засоления почв развиваются как в результате нерационального орошения, особенно без необходимого дренажа, так и в силу строительства без достаточного научного обоснования ирригационных систем, в которых отмечаются большие потери воды на испарение и фильтрацию.

Многократные обработки почв, применяемые в основном для борьбы с сорняками при предпосевной подготовке почв и подкормках растений, приводят к разрушению водопрочной структуры и уплотнению почв, усилению водной и ветровой эрозии и, как следствие, дегумификации.

Все вышеперечисленные негативные процессы, приводящие в конечном счете к опустыниванию земель, можно рассматривать как следствие сложившихся социально-экономических и политических условий.

2.3. Мероприятия по предотвращению развития опустынивания земель и воспроизводству их плодородия

Основные меры по борьбе с опустыниванием включают:

1. Периодические съемки территории (аэрокосмические, картографичские и др.).
2. Расширение запасов водных ресурсов, в том числе регулирование поверхностного стока, поиск и

добыча пресных подземных вод.

3. Защита поверхностных и подземных вод от загрязнения.

4. Оптимизация структуры сельскохозяйственных угодий.

5. Специализация хозяйств.

6. Совершенствование структуры посевных площадей.

7. Нормированное использование пастбищ.

8. Проведение комплексных мелиоративных мероприятий, включая защитное лесоразведение, борьбу с эрозией почв, улучшение солонцовых почв, рекультивацию техногенно-нарушенных земель.

9. Разработка и освоение ландшафтных систем земледелия, обеспечивающих высокую и устойчивую продуктивность почв, высокую урожайность культур.

10. Фитомелиорация пастбищ.

11. Использование растений-закрепителей песка с последующим их включением в структуру пастбищ.

12. Мелиорация земель вторичного засоления, в особенности фитомелиорацию с посевом солеустойчивых пастбищных растений.

13. Охрана биоразнообразия, в том числе организацию заповедников и заказников, водоохранных и

пескозащитных зон, как экологических каркасов опустыненных территорий.

Все они прямо или опосредованно направлены на борьбу с опустыниванием и рациональное использование природных ресурсов. Борьба с опустыниванием является глобальной проблемой, в той или иной мере затрагивающей интересы всех государств мира, независимо от их географического положения. Опустынивание нельзя рассматривать в отрыве от общепланетарных изменений климата Земли или глобализации экономики. «Парниковый эффект», сопровождаемый увеличением температуры и потеплением климата на Земле за счет постоянного повышения содержания и накопления в атмосфере углекислого газа, препятствующего тепловому излучению с поверхности Земли, во многом связан с процессами опустынивания, прогрессирующими из-за нерациональной хозяйственной деятельности человека: уничтожения лесов, кустарников и травянистой растительности на пастбищах, являющихся естественными поглотителями углекислого газа.

Глобальность характера опустынивания ярко иллюстрируется ситуацией складывающейся в районе Аральского моря, где на высохшей его части площадью около 3,5 млн га накоплено более 1,5 млрд т солей. При сильных бурях отсюда ветром выносится 1,5–6,5 т/га пыли, в которой

содержится 260–1000 кг токсичных солей. Они выпадают на земную поверхность на значительном удалении от первоначального источника, вызывая засоление и загрязнение сельскохозяйственных угодий на огромной территории. Международное сообщество признало, что опустынивание представляет собой крупную экономическую, социальную и экологическую проблему. В настоящее время приоритетной задачей стали разработка и реализация системы конкретных мер по борьбе с опустыниванием, учитывающих специфику отдельных стран и особенности их социально-экономических условий.

На первое место в комплексе мер по борьбе с опустыниванием выходит предотвращение дальнейшей деградации растительного покрова и осуществление мероприятий по улучшению состояния естественных кормовых угодий, от которого в прямой зависимости находится интенсивность развития, прежде всего, процессов водной и ветровой эрозии почв.

Программы и проекты по использованию и улучшению пастбищ, предусматривают ряд мер, направленных на снижение дегрессии:

1) систематический анализ и оценку состояния пастбищ, как защиту почв и растительного покрова;

2) выявление площадей, пригодных для облесения и

производства разных видов древесины;

3) восстановление деградированных и улучшение малопродуктивных пастбищ; организация питомников и семенных фондов для использования при улучшении пастбищ и лесоразведении;

4) установление норм нагрузки на пастбища и регулирование допустимых нагрузок;

5) удовлетворение потребности животноводства в кормах.

Основным принципом рационального использования пастбищ является организация правильного пастбищного оборота, т.е. системы использования пастбищной территории, гарантирующей ее высокую продуктивность. Суть такой системы заключается в периодическом чередовании по годам сроков выпаса скота на одних и тех же пастбищных массивах при строгом соблюдении установленных норм нагрузки скотом на единицу площади пастбищ. Этот прием довольно прост, но позволяет эффективно предохранять пастбища от чрезмерного стравливания. Важно при этом соблюдать также оптимальные сроки выпаса скота весной, не допуская стравливания травостоя, пока растения не отрастут на достаточную высоту. Установление допустимых норм нагрузок скотом на пастбищах является первым и основным этапом в системе переходного планирования по улучшению пастбищ практически в любой точке Мира,

включая и южные регионы нашей страны.

Леса и пастбищезащитные лесные полосы, вместе с посевом ценных кормовых трав и полукустарников на полностью деградированных пастбищах, увеличивают продуктивность до уровня потенциально возможной по влагообеспеченности.

Комплексы мер по предотвращению возникновения и развития водной эрозии, дефляции, переувлажнения, заболачивания, подтопления, вторичного засоления, осолонцевания и других негативных процессов, вызывающих опустынивание земель, а также мероприятия по борьбе с ними и воспроизводству плодородия подробно описаны в соответствующих разделах при характеристике разных видов деградации почв (земель).

Индикаторов опустынивания земель достаточно много. Часто они видны невооруженным глазом. Однако для качественно-количественной оценки, определения тенденций при характеристике процессов опустынивания необходимы экспериментальные мониторинговые многолетние данные. При этом роль растительного (более мобильного и отзывчивого на опустынивание компонента биосферы) и особенно почвенного (более консервативного, но устойчиво фиксирующего в свойствах почв все изменения природных условий) покровов неизмеримо возрастает.

Тема 3. Загрязнения почв

Техногенное загрязнение является одним из наиболее значимых антропогенных факторов, дестабилизирующих природные и аграрные экосистемы. Постоянное увеличение площадей техногенно-нарушенных территорий и уровней загрязнения широким спектром токсикантов выдвигает проблему восстановления земель в число важнейших национальных программ в области природопользования и снижения отрицательного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду.

При промышленных выбросах вредных и опасных веществ в атмосферу, основной депонирующей их средой, как правило, является почва. Представляющими серьезную опасность для состояния почвенно-растительного покрова являются физико-химические и биологические нарушения, связанные с загрязнением почв соединениями тяжелых металлов, нефтью и нефтепродуктами, радионуклидами. В настоящее время загрязнение почв сельскохозяйственных угодий токсикантами в ряде регионов Российской Федерации достигает уровней, при которых производимая продукция не отвечает требованиям санитарно-гигиенических нормативов или велик риск получения такой продукции. Площадь загрязнения тяжелыми металлами почв сельскохозяйственных угодий в Российской Федерации составляет 3,6 млн га. Из них более 1

млн га почв сельскохозяйственного использования загрязнено особо токсичными элементами (I класс опасности) и около 2,3 млн га — токсичными (II класс опасности). Загрязнение сельскохозяйственных угодий радиоактивными веществами в результате крупных радиационных аварий на химкомбинате «Маяк» (Южный Урал) и Чернобыльской АЭС занимает площадь более 8,3 млн га.

Восстановление техногенно-нарушенных земель сельскохозяйственногоназначения — это восстановление и поддержание продуктивности земель, обеспечивающей благоприятные условия для роста и развития растений, а также производство продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам, путем систематического проведения *организационных, агротехнических, агрохимических и мелиоративных* мероприятий. Восстанавливаемые земли и окружающие их территории должны после окончания всех работ представлять собой оптимально сформированный, экономически и эколого-гигиенически сбалансированный ландшафтный участок.

Восстановление почвенного плодородия — восстановление физико-химических свойств и основных показателей биологической активности почвы.

Загрязнение радиоактивное — присутствие радиоактивных веществ на поверхности, внутри материала, в воздухе, в теле человека.

Загрязнение химическое почвы — изменение химического состава почвы, возникшее под прямым или косвенным воздействием различных факторов (промышленного, сельскохозяйственного, коммунального) и вызывающее снижение ее плодородия и качества.

Загрязняющее вещество — вещество или смесь веществ, количество и/или концентрация которых превышает установленные нормативы и оказывает негативное воздействие на окружающую среду.

Нормативы предельно допустимых концентраций химических, радиоактивных веществ, иных веществ и микроорганизмов (также *нормативы предельно допустимых концентраций*) — нормативы, которые установлены в соответствии с показателями предельно допустимого содержания химических радиоактивных веществ, иных веществ и микроорганизмов в окружающей среде и несоблюдение которых может привести к загрязнению окружающей среды, деградации естественных экологических систем.

ПДК (ОДК) — предельно допустимая (ориентировочно допустимая) концентрация загрязняющего вещества — это

максимальная концентрация загрязняющего вещества в объектах природной среды, которая при периодическом воздействии, или при воздействии на протяжении всей жизни человека, не оказывает вредного влияния на него и на окружающую среду в целом (включая отдаленные последствия).

Рекультивация земель — комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества.

Техногенно-нарушенные земли — это земли, утратившие свою хозяйственную ценность в связи с нарушением физико-химических свойств почвы, гидрологического режима и образования техногенного рельефа в результате производственной деятельности.

3.1. Источники техногенного воздействия

Загрязнение окружающей среды обусловлено поступлением в биосферу любых твердых, жидких и газообразных веществ, оказывающих негативное влияние на человека, животных и растения как непосредственно, так и косвенным путем. К началу XXI в. загрязнение окружающей среды отходами, выбросами всех видов промышленного производства, транспорта, сельского и коммунального хозяйства приобрело глобальный характер.

Основные источники техногенного воздействия на агроэкосистемы можно классифицировать по следующим группам:

1) промышленные — поступление загрязняющих веществ с газообразными, твердыми и жидкими выбросами и сбросами промышленных предприятий и комплексов, энергетических систем и транспортных двигателей, при добыче и переработке полезных ископаемых, в результате нарушений технологического режима или аварий;

2) сельскохозяйственные — загрязнение природной среды химическими веществами, входящими в состав или являющимися средствами повышения продуктивности сельского и лесного хозяйства (удобрения, мелиоранты), и средствами химической защиты растений;

3) коммунально-бытовые — загрязнение среды обитания человека продуктами его жизнедеятельности и коммунальными отходами.

Доля тепловых электростанций в валовом выбросе загрязняющих веществ промышленными предприятиями составляет 24,3%, цветной металлургии — 10,5%, промышленности строительных материалов — 8,1%, транспорта — 13,1%. Остальной вклад вносят предприятия нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности. Сельскохозяйственные источники отличаются

меньшей интенсивностью, но охватывают огромные территории. Промышленные источники формируют более высокие плотности загрязнения, чем сельскохозяйственные, но их влияние, как правило, проявляется на локальном уровне, хотя и может распространяться на сотни километров вследствие дисперсии и трансграничного переноса загрязняющих веществ в атмосфере.

Состав, уровни и опасность загрязнения определяются, с одной стороны, отраслевой принадлежностью и характеристиками источника загрязнения, а с другой — почвенно-климатическими особенностями, рельефом и другими природными условиями, структурой сельскохозяйственного производства и используемыми технологиями.

Техногенные выбросы в атмосферу от промышленных источников и транспорта распространяются на прилегающую территорию, являясь одним из основных путей поступления токсикантов на сельскохозяйственные угодья.

2.2. Виды техногенного воздействия

Загрязняющие вещества поступают на сельскохозяйственные угодья через атмосферу и природные воды в виде газо-аэрозольных выбросов, жидких сбросов и твердых отходов предприятий разных отраслей промышленности и энергетики, сельского и коммунального

хозяйства, транспорта. В числе загрязняющих веществ химические элементы и соединения, негативные эффекты которых проявляются как при любых, даже очень малых, концентрациях (пестициды, диоксины, радионуклиды), так и при накоплении в биологических объектах и среде их обитания в избыточных количествах (оксиды серы и азота, озон в приземном слое воздуха, тяжелые металлы и др.). Источники антропогенного загрязнения располагаются в регионах с развитой промышленностью, высокой плотностью населения и интенсивным сельским хозяйством, но их влияние может проявляться на значительном удалении вследствие атмосферного переноса и водной миграции загрязняющих веществ.

1. Кислые атмосферные выпадения (кислотные дожди)

Выпадение кислых атмосферных осадков стало широко распространенным явлением, приводящим к существенному закислению природной среды и заметным экологическим изменениям на территории целых регионов (Центральный и Центрально-Черноземный районы, Кемеровская область и Алтайский край, район Норильска и др.). В немалой степени от них страдают и компоненты агроэкосистем.

Кислотные выпадения обусловлены тем, что многие попадающие в атмосферный воздух газообразные вещества образуют кислоты при взаимодействии с атмосферной влагой.

Основным источником кислотных дождей является диоксид серы, образующийся при эксплуатации энергетических установок на органическом топливе, при отжиге на воздухе полиметаллических и других сульфидных руд на предприятиях черной и цветной металлургии. Другим крупным источником являются оксиды азота, выбрасываемые в атмосферу двигателями внутреннего сгорания и энергетическими предприятиями.

Особенность кислотных выпадений состоит в их отдаленности от места выброса оксидов серы и азота и привязке к определенным географическим зонам. Поступившие в атмосферу оксиды серы и азота, а также продукты их превращения в реакциях окисления и гидратации, сохраняются в атмосфере в течение нескольких суток. За это время они могут быть перенесены с воздушными массами на сотни, а иногда и тысячи километров от источника выбросов. Мониторинговые измерения показывают, что максимальная концентрация серной кислоты в кислотных выпадениях достигается на расстоянии 250–300 км от места выброса оксида серы.

Воздействие свободных ионов H^+ проявляется при прямом контакте с элементами подстилающей поверхности: растительностью, почвами, поверхностными водами. Повреждаются покровные ткани растений, изменяется обмен

веществ в клетках, нарушается рост и развитие растений, уменьшается сопротивляемость к болезням и паразитам, падает урожайность. Среди вторичных эффектов закисления природных сред можно назвать угнетение растительности за счет изменения почвенных процессов и соответствующего изменения характера питания растений. Косвенным эффектом является увеличение подвижности токсичных элементов, например, тяжелых металлов. Ущерб сельскому хозяйству проявляется в уменьшении продуктивности сельскохозяйственных культур, снижении качества и ухудшении товарного вида продукции.

Серьезную опасность представляет также антропогенное подкисление почв, отдаленными которого почвенного плодородия и деградация почв.

Важным обстоятельством воздействия кислых осадков на почвы является наличие эффектов спустя длительное время после прекращения кислых атмосферных выпадений. Для восстановления физико-химических и биологических свойств почвы требуются многие годы.

2. Тяжелые металлы

Одним из наиболее распространенных видов техногенного загрязнения является поступление в почву тяжелых металлов (ТМ) — большой группы химических элементов, существенно отличающихся своими физико-химическими свойствами и

биогеохимическим поведением.

Влияние ТМ не является каким-то новым экологическим фактором. Они входят в состав почвенных минералов и практически все присутствуют в природных средах и объектах. Многие из них являются биогенными элементами (Cu, Zn, Mn, Mo, Co, Fe и др.) и в малых количествах необходимы для поддержания всех форм жизни. Их отсутствие или недостаточные концентрации могут быть причиной негативных последствий, эндемических заболеваний.

Поглощаясь в повышенных концентрациях, ТМ оказывают негативное действие на растения, животных и человека. Биологическая роль некоторых ТМ (Hg, As, Cd и др.) в настоящее время неизвестна, они токсичны даже в незначительных концентрациях.

Техногенное загрязнение почв ТМ отмечено практически во всех промышленно развитых районах России. По данным Минприроды Российской Федерации, при средней максимальной нагрузке ТМ 0,2 т/км^2 в некоторых промышленных регионах этот показатель достигает 10 т/км^2. К категории за- грязненных относятся почвы, в которых содержание ТМ находится на уровне или выше предельно допустимых концентраций (ПДК или ОДК).

Основными техногенными источниками поступления ТМ в

окружающую среду являются выбросы предприятий черной и цветной металлургии, горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности, энергетики, работающей на органическом топливе, и автомобильный транспорт. Способствует загрязнению широкое использование в сельском и лесном хозяйстве средств химизации (минеральные удобрения, металлосодержащие пестициды), применение в качестве почвенных мелиорантов промышленных (фосфогипс, шлаки, силикагели и др.) и коммунальных (компосты и переработанные бытовые отходы) отходов, осадков сточных вод. Значительные количества ТМ могут содержаться в суперфосфатах, мг/кг: As — 1.2–2.2; Cd — 50–170; Cr — 66–243; Co — 9; Cu — 4–79; Pb — 7–92; Ni — 7–32; Se — 4.5; V — 20–180; Zn — 50–1430 (Минеев, 2005). Концентрации ТМ в осадках сточных вод достигают (мг/ кг сухого вещества): Cu — 100–2100, Zn — 820–7130, Ni — 30–920, Pb — 149–265; Cd — 2–4.6, Cr — 20–131, Hg — 3.1.

Основными источниками загрязнения ТМ сельскохозяйственного происхождения являются средства химизации (минеральные удобрения, осадки сточных вод, агромелиоранты и др.) и средства защиты растений при их не-нормированном применении. Источниками загрязнения выступают также сельскохозяйственные предприятия и объекты (склады химикатов, удобрений, животноводческие

комплексы).

Загрязнение почв тяжелыми металлами относится к химическому виду деградации. Накопление тяжелых металлов в почве ведет к изменению ее физико-химических характеристик, микробиологической и ферментативной активности, т.е. оказывает влияние на микрофлору и микрофауну и, в конечном счете, плодородие почв, приводит к повышению содержания тяжелых металлов в растениях, угнетению физиологического развития растений, ухудшению качества продукции растениеводства.

Фитотоксичные концентрации ТМ в почве пока выявляются лишь вблизи крупных источников загрязнения и в регионах с высокой плотностью размещения промышленных предприятий, но, в отличие от многих других загрязняющих веществ, ТМ не подвергаются физическому распаду или детоксикации вследствие биологического или химического разрушения. Аккумулируясь в верхних горизонтах почв, они будут присутствовать там сотни лет, оставаясь доступными для поглощения микробиотой и корнями растений.

3. Пестициды

Пестициды являются одним из источников возможного загрязнения окружающей среды. Для характеристики поведения пестицидов в объектах окружающей среды введено два показателя:

1) коэффициент биодеградации (КБД), который характеризует скорость деградации (разрушения) пестицида в экосистеме,

2) коэффициент биологического усилия (КБУ), который определяет усилие биологических организмов, направленное на разложение данного препарата.

Чем выше КБД, тем быстрее разлагается препарат, а чем выше КБУ, тем препарат более персистентен (устойчив).

Основная роль в циркуляции пестицидов и накоплении их в объектах окружающей среды принадлежит почве, а в разложении (детоксикации) — почвенным микроорганизмам.

В силу природы химизма действующего вещества пестициды обладают различной скоростью разложения в биологических средах и, как следствие, различной стойкостью. По степени стойкости в почве различают следующие пестициды:

1. Очень стойкие — время разложения на нетоксичные компоненты свыше 2 лет.
2. Стойкие — время разложения 2 года.
3. Умеренно стойкие — время разложения максимально 6 мес.
4. Малостойкие — время разложения до 1 мес.

Для предупреждения пестицидного загрязнения сельскохозяйственной продукции, охраны здоровья населения и предотвращения циркуляции пестицидов в

окружающей среде экспериментально обоснованы и установлены санитарно-гигиенические нормативы предельно допустимых остаточных количеств (ПДОК) пестицидов в продуктах питания, зеленом корме и фураже, предельно допустимых концентраций (ПДК) пестицидов в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе, в воде открытых водоемов и водоемов санитарно-бытового водопользования, в почве.

Разработаны комплексные мероприятия по охране окружающей среды от пестицидного загрязнения и основные положения пяти главных направлений повышения безопасности химического метода защиты растений для человека и полезных организмов.

1. Совершенствование ассортимента пестицидов, снижение их токсичности для человека и полезных животных, персистентности; повышение избирательного действия.

2. Биоэкологическое обоснование химического защиты растений, выбор оптимальных способов применения пестицидов (искореняющие ранневесенние и поздневесенние обработки, использование гранулированных препаратов и т.д.).

3. Оптимизация использования пестицидов с учетом экономического порога вредоносности для каждого вида вредителя в зональном разрезе.

4. Строжайшая регламентация применения пестицидов на основе всестороннего изучения их санитарно-гигиенических характеристик и безусловное соблюдение техники безопасности.

5. Разработка и совершенствование интегрированных, комплексных систем защиты растений — основы предупреждения отрицательного воздействия пестицидов на окружающую среду

Пестициды, в отличие от других загрязняющих веществ, целенаправленно рассеиваются человеком. Хотя пестициды способны к глобальному рас- пространению, свидетельством является их обнаружение далеко от районов применения, основным источником загрязнения служит использование пестицидов в данном регионе. Следует учитывать большое разнообразие пестицидов, свойств и масштабов их применения, частую замену. Характеризуя экологический риск применяемых и вновь создаваемых пестицидов необходимо принимать во внимание их эффективность — хозяйственную (по прибавке урожайности культуры) и биологическую (по изменению засоренности посевов).

Пестициды после целенаправленного внесения или случайного попадания в почву могут вызывать в окружающей среде следующие изменения:

– уничтожить вредителей и возбудителей болезней

сельскохозяйственных культур, сорные растения или изменить процессы роста и развития растений в желательном для человека направлении, а затем минерализоваться в течение разного периода времени;

– вызвать нежелательные эффекты (фитотоксическое действие персистентных, например гербицидов, на последующие культуры, изменение химического состава культурных растений в отрицательную сторону и т. п.).

В настоящее время единая классификация пестицидов по эффективности их применения с учетом экологической безопасности отсутствует. Пестициды представлены разными классами химических соединений, преимущественно органических, хотя некоторые из них являются металлоорганическими соединениями или чисто минеральными веществами, содержащими в своем составе такие элементы, как Hg, Zn, Cu, Fe. В состав пестицидных препаратов входит свыше 1000 химических соединений, представляющих более 50 классов химических веществ.

Наиболее распространены, как по количеству, так и широте применения, пестициды трех групп:

– *хлорорганические соединения* — характеризуются среднетоксичными свойствами, плохой растворимостью в воде, хорошей — в органических растворителях,

устойчивостью к физико-химическому и биологическому превращению, чрезвычайно высокой кумулятивной способностью и очень высокой персистентностью в почве; из-за высокой химической и биохимической стойкости производство и применение хлорорганических соединений постоянно сокращается;

– *фосфорорганические соединения* — относятся к сильнодействующим ядам, высокотоксичны по отношению к теплокровным животным, лишь отдельные из них обладают среднетоксичными свойствами; сравнительно хорошо растворимы в воде, лучше в органических растворителях, малоустойчивы в окружающей среде;

- *карбаматы* (производные метилкарбаминовой и диметилкарбаминовой кислот) — существенно различаются по токсичности и кумулятивным свойствам, физико-химическим свойствам и устойчивости во внешней среде Длительность пребывания и количество пестицида в почве определяются такими факторами, как его природа и масштабы использования, почвенно- климатические условия, скорость физико-химических (фотолиз, гидролиз, окисление и т.п.) и биохимических (микробиологическая деградация, поглощение растениями и метаболические превращения) процессов.

Воздействию пестицидных препаратов подвергаются

практически все организмы (от бактерий до человека), независимо от уровня сложности и среды обитания. Практически все пестициды являются ксенобиотиками, в той или иной мере токсичными для сельскохозяйственных животных и человека. Данные о действии пестицидов на почвенные микроорганизмы противоречивы и зависят от химического состава препарата, длительности применения, видового состава почвенной микрофлоры.

Пестициды, поступившие в агрофитоценозы, накапливаются в отдельных объектах и средах и включаются в различные миграционные цепи. Это особенно характерно для устойчивых пестицидов, способных сохраняться в окружающей среде длительное время. Агроэкологический мониторинг и комплексное обследование природных объектов и сельскохозяйственной продукции в местах использования хлорорганических пестицидов, в частности, показывает, что их остатками, как правило, загрязняются не отдельные компоненты, а все взаимосвязанные природные среды и объекты, в том числе почвы и возделываемые на них сельскохозяйственные культуры.

В России зарегистрировано более 900 пестицидных препаратов, представляющих собой как химические вещества и их смеси, так и препараты биологического действия. В основе этих препаратов—240 действующих веществ пестицидов.

Загрязненная почва обнаружена на территории 17 субъектов Российской Федерации. Загрязненные участки обнаруживаются ежегодно, при этом наблюдается тенденция к снижению доли загрязненных почв.

По оценкам экспертов, на территории России хранится в настоящее время несколько десятков тысяч тонн устаревших и непригодных пестицидов, доставшихся стране в наследство от Советского Союза. Субъекты Российской Федерации регулярно отчитываются в промежуточных успехах в области утилизации устаревших пестицидов, однако далеко не все регионы могут избавиться от них в одночасье.

4. Углеводороды (нефть и нефтепродукты)

Загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами представляет большую экологическую опасность, поскольку лишает почвы плодородия, нередко полностью, но проявляется на локальном уровне. Опасные ситуации возникают в районах добычи нефти и газа, вблизи буровых установок и нефтепроводов. При загрязнении нефтью и нефтепродуктами в почвах возрастает количество углеводородов, снижаются подвижность и доступность многих элементов питания растений, изменяются величины pH и окислительно-восстановительных потенциалов, химический состав почвенного воздуха. Почвы считаются загрязненными нефтью и нефтепродуктами, если концентрация их достигает

уровня, при котором начинается угнетение или деградация растительного покрова; снижается продуктивность сельскохозяйственных земель; ингибируется деятельность почвенных микроорганизмов и беспозвоночных животных; сокращается видовое разнообразие растительного покрова, альгофлоры, мезофауны и т.д.; изменяются водно-физические свойства и структура почв; возрастает доля углерода нефти и нефтепродуктов в некарбонатном (органическом) углероде почв. В среднем нижний предел концентраций нефти и нефтепродуктов в загрязненной почве изменяется от 0,1 до 1,0 г/кг.

5. Искусственные и естественные радионуклиды

Радионуклидами называют нестабильные изотопы химических элементов, подвергающиеся самопроизвольному радиоактивному распаду с испусканием заряженных частиц (a- и b-частицы) и g-квантов. Опасность естественных и искусственных радионуклидов для человека и других биологических объектов связана с действием на организм ионизирующих излучений разного энергетического спектра. К факторам, определяющим опасность радионуклидов, относятся их ядерно-физические характеристики (тип радиоактивного распада, энергетический спектр a-, b- и g-излучений, период полураспада), а также подвижность в окружающей среде, т.е. способность включаться в биогеохимические циклы миграции

и накапливаться в отдельных звеньях пищевых цепочек.

По происхождению и свойствам радионуклиды подразделяют на 4 группы:

– продукты ядерного деления (^{89}Sr, ^{90}Sr, ^{137}Cs, ^{141}Ce, ^{144}Ce, ^{131}I, ^{103}Ru, ^{106}Ru и др.);

– продукты нейтронной активации и коррозионные продукты, образующиеся при взаимодействии стабильных изотопов химических элементов с нейтронным потоком (^{134}Cs, ^{65}Zn, ^{60}Co, ^{56}Fe, ^{54}Mn и др.);

– естественные радионуклиды (^{40}K, радионуклиды природных семейств^{238}U, ^{235}U, ^{232}Th);

– трансурановые элементы, образующиеся в результате ядерных реакций (изотопы Pu, Am, Cm).

Антропогенное загрязнение естественными радионуклидами (^{232}Th, ^{238}U, ^{235}U и дочерними продуктами их распада, а также ^{40}K) происходит при извлечении из земных недр и переработке урановых и ториевых руд и других полезных ископаемых. Источниками загрязнения естественными радионуклидами являются также тепловые электростанции, работающие на каменном угле; производство и широкое применение минеральных удобрений в сельском хозяйстве (калийных — ^{40}K, фосфорных — U, Th, Ra), добыча углеводородного сырья (угля, нефти, газа). При

использовании в качестве топлива низкосортных углей часть содержащихся в них в виде приме-сей радионуклидов (на 1 кг бурого угля приходится: 37 Бк ^{238}U; 18,5 Бк ^{226}Ra; 25 Бк ^{210}Pb; 30 Бк ^{210}Po; 18,5 Бк ^{232}Th; 7,5 Бк ^{228}Th и 130 Бк ^{40}K) уносится с от- ходящими газами на большие расстояния, часть поступает в золоотвалы ТЭС, а оттуда в атмосферу, почву и воды прилегающих территорий. Естественными радионуклидами ^{238}U, ^{232}Th, ^{226}Ra и дочерними продуктами их распада обогащены и некоторые виды сырья, используемого для производства минеральных удобрений, особенно фосфорных. Типичными концентрациями ^{238}U и ^{226}Ra в фосфорных удобрениях считаются, соответственно, 4000 и 1000 Бк/кг P_2O_5. При использовании калийных удобрений в дозе 60 кг/га увеличение содержания ^{40}K в почве составляет около 4 ´ 10^{-5} Ки/га (или около 150 Бк/м^2), тогда как природное содержание ^{40}K в пахотном горизонте почв разных типов колеблется в пределах 0.7–6 Ки/км^2 (25–200 кБк/м^2). При добыче углеводородного сырья источником загрязнения являются хлоридно-кальциевые рассолы, содержащие в своем составе изотопы радия в концентрациях, в 100–1000 раз превышающих фоновые значения.

Искусственные радионуклиды поступают в

агроэкосистемы главным образом в виде атмосферных радиоактивных выпадений после испытаний ядерного оружия, радиационных аварий и в результате газо-аэрозольных выбросов предприятий атомной промышленности и ядерной энергетики. Еще один источник поступления — через поверхностные и грунтовые воды (при использовании воды водоемов-охладителей для поливного орошения, вследствие вымывания радионуклидов из мест неглубокого захоронения отходов или просачивания из хранилищ отходов).

Радионуклидный состав загрязнения зависит от характеристик источника, особенностей радиоэкологической ситуации и этапов ее развития. Из большого числа продуктов деления и нейтронной активации, генерируемых в процессе человеческой деятельности и в рассеянном виде попадающих в природную среду, опасность для сферы сельскохозяйственного производства представляют те из них, которые:

– в относительно больших количествах образуются в реакциях ядерного деления и нейтронной активации и поэтому имеют высокую вероятность поступления во внешнюю среду;

– имеют достаточно большой период полураспада, чтобы накапливаться в почвах и в течение длительного времени быть доступными для поглощения корнями растений;

– обладают высокой подвижностью в почве,

способностью активно включаться в биогенную миграцию по сельскохозяйственным цепочкам и накапливаться в отдельных их звеньях;

– являются радиоактивными изотопами биогенных химических элементов или имеют аналоги среди таких элементов;

- представляют высокую радиологическую опасность вследствие своих ядерно-физических свойств, особенностей распределения в организме и локализации в органах и тканях.

В первую очередь, перечисленным условиям удовлетворяют ^{131}I, ^{89}Sr, ^{90}Sr, ^{134}Cs и ^{137}Cs, отличающиеся особой подвижностью и способностью накапливаться в звеньях пищевых цепочек. Коротко- и среднеживущие радионуклиды Zr, Ru, Ce и дочерние продукты их распада представляют опасность главным образом как источники внешнего g- и b-облучения, но обладают невысокой (на 3–4 порядка ниже, чем у ^{137}Cs) способностью мигрировать по сельскохозяйственным и пищевым цепочкам. Долгоживущие трансурановые элементы (радионуклиды Np, Pu, Am), большей частью являющиеся a-излучателями, обладают весьма низкой способностью включаться в процессы миграции по сельскохозяйственным цепочкам и накапливаться в объектах растительного и животного происхождения, поэтому представляют опасность, в

основном, при аэральном загрязнении пищевых продуктов и ингаляционном поступлении в организм животных и человека с вдыхаемой пылью.

Обладающие большим периодом полураспада тяжелые естественные радионуклиды (уран, торий, радий) обычно находятся в рассеянном состоянии, в прочносвязанной форме и имеют низкую скорость перехода из почвы в растения. Могут представлять опасность при интенсивном использовании минеральных удобрений и некоторых почвенных мелиорантов.

Загрязнение сельскохозяйственных угодий радиоактивными веществами не приводит к изменению физико-химических характеристик почв, но может быть причиной производства продукции, не отвечающей санитарно-гигиеническим нормативам. Для сельскохозяйственных угодий, подвергшихся радиоактивному загрязнению, плотность загрязнения используют в качестве критерия для зонирования. После аварии на ЧАЭС зонирование территории по плотности загрязнения ^{137}Cs проводили по следующей градации: < 37 кБк/м^2 (менее 1 Ки/км^2); 37–185 кБк/м^2 (1–5 Ки/км^2); 185–555 кБк/м^2 (5–15 Ки/км^2); 555–1480 кБк/м^2 (15–40 Ки/км^2) и > 1480 кБк/м^2 (свыше 40 Ки/км^2). В зависимости от плотности загрязнения угодий была разработана система реабилитационных мероприятий,

обеспечивающих производство продукции, отвечающей санитарно-гигиеническим нормативам, а земли с плотностью загрязнения выше 1480 кБк/м^2 были временно выведены из сельскохозяйственного использования.

Характеризуя в целом техногенные факторы, следует отметить, что кислые атмосферные выпадения носят явно выраженный региональный характер. Проблема загрязнения природных сред ТМ и пестицидами является универсальной, грозящей перерасти в глобальную из-за многочисленности и разнообразия их источников и чрезвычайно широкого использования химических средств защиты растений в сельском хозяйстве. Присутствие в природных объектах антропогенных радионуклидов в рассеянном виде является следствием использования ядерной энергии в военных и мирных целях.

3.3.Зонально-региональные особенности антропогенных воздействий, вызывающих загрязнение почв

Анализ данных государственного мониторинга земель и других систем наблюдений за состоянием окружающей среды показывает, что практически во всех субъектах Российской Федерации продолжается тенденция ухудшения состояния земель: интенсивно развиваются эрозия, дефляция, заболачивание, засоление, опустынивание, подтопление, зарастание сельскохозяйственных угодий

кустарником и мелколесьем и другие процессы, ведущие к потере плодородия сельскохозяйственных угодий и выводу их из хозяйственного оборота.

Анализ экологической ситуации в Российской Федерации за последние годы свидетельствует о том, что обстановка в экономически развитых территориях остается неблагополучной, а загрязнение окружающей среды, включая сферу агропромышленного производства, — достаточно высоким. На 2,5 млн км^2 территории Российской Федерации сегодня отмечается негативная экологическая ситуация, что составляет 15% площади страны. На территории регионов и городов с неблагополучной экологической обстановкой проживает почти половина населения России (40% от общей численности людей в стране). На европейскую часть России приходится 60% выбросов токсичных веществ в атмосферу и более 75% от всей совокупности сбросов сточных вод по стране.

Территории, на которых сосредоточены объекты нефтегазовой и горнорудной отраслей, черной и цветной металлургии, характеризуются как критические в этом отношении. Наибольшие суммарные объемы выбросов загрязняющих веществ в воздушный бассейн от стационарных источников зафиксированы в Уральском, Западно-Сибирском и Восточно-Сибирском регионах, на

долю которых приходится 59% общего объема выбросов по России.

Топливно-энергетический комплекс России остается, во многом в силу объективных причин, крупнейшим промышленным источником загрязнения окружающей среды. На его долю приходится около 48% выбросов вредных веществ в атмосферу и 27% сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, свыше 30% твердых отходов и до 70% общего объема выбросов парниковых газов (табл. 1).

В крупных городах России (Москва, Санкт-Петербург, Краснодар, Екатеринбург, Уфа, Омск и др.) доля выбросов от автотранспорта соизмерима с выбросами от промышленных предприятий. В 136 городах (67% городов, где оценен уровень загрязнения воздуха), степень загрязнения воздуха очень высокая и высокая и только в 19% городов — низкая.

Наблюдения за загрязнением почв тяжелыми металлами проведены в 66 районах расположения источников промышленных выбросов ТМ в атмосферу. С удалением от источника промышленных выбросов общее содержание атмотехногенных ТМ в почвах уменьшается до фонового (примерно на расстоянии 5–20 км в зависимости от мощности источника).

Таблица 1

Регионы России с наиболее острой экологической ситуацией

Регион	Экологические проблемы, вызванные антропогенным воздействием
Кольский полуостров	Нарушение земель горными разработками, истощение и загрязнение вод суши, загрязнение атмосферы, деградация лесных массивов и естественных кормовых угодий, нарушение режима особо охраняемых природных территорий
Московский регион	Загрязнение атмосферы, истощение и загрязнение вод суши, утрата продуктивных земель, загрязнение почв, деградация лесных массивов
Северный Прикаспий	Нарушение земель разработками нефти и газа, истощение и загрязнение вод суши, загрязнение морей, истощение рыбных ресурсов, вторичное засоление и дефляция почв, загрязнение атмосферы, нарушение режима особо охраняемых территорий
Среднее Поволжье и Прикамье	Истощение и загрязнение вод суши, нарушение земель горными разработками, эрозия почв, оврагообразование, загрязнение атмосферы, обезлесение, деградация лесных массивов
Промышленная зона Урала	Нарушение земель горными разработками, загрязнение атмосферы, истощение и загрязнение вод суши, загрязнение почв, утрата продуктивных земель, деградация лесных массивов
Нефте-газопромысловые районы Западной Сибири	Нарушение земель разработками нефти и газа, загрязнение почв, деградация оленьих пастбищ, истощение рыбных ресурсов и промысловой фауны, нарушение режима особо охраняемых территорий
Кузбасс	Нарушение земель горными разработками, загрязнение атмосферы, истощение и загрязнение вод суши, загрязнение почв, утрата продуктивных земель, дефляция почв
Районы озера Байкал	Загрязнение вод и атмосферы, истощение рыбных ресурсов, деградация лесных массивов, оврагообразование, нарушение мерзлотного режима почвогрунтов, нарушение режима особо охраняемых природных территорий.
Норильский промышленный район	Нарушение земель горными разработками, загрязнение воздуха и вод, нарушение мерзлотного режима почвогрунтов, нарушение режима охраняемых лесов, снижение природно-рекреационных качеств ландшафта.
Калмыкия	Деградация естественных кормовых угодий, дефляция почв

Новая Земля	Радиоактивное загрязнение
Зона влияния аварии на Чернобыльской АЭС	Радиационное поражение территории, загрязнение атмосферы, истощение и загрязнение вод суши, загрязнение почв
Рекреационные зоны побережья Черного и Азовского морей	Истощение и загрязнение вод суши, загрязнение морей и атмосферы, снижение и потери природно-рекреационных качеств ландшафта, нарушение режима особо охраняемых территорий

3.4. Загрязнение сельскохозяйственных земель после аварии на Чернобыльской АЭС

Авария на Чернобыльской АЭС явилась крупнейшей в истории ядерной энергетики и привела к масштабному загрязнению сельскохозяйственных угодий. Сложность ситуации после аварии обусловливалась неоднородностью радиоактивных выпадений, различиями в нуклидном составе выбросов, разнообразием природно-климатических условий в зоне загрязнения. В составе радиоактивных выпадений основную роль играли биологически подвижные ^{90}Sr, ^{131}I и $^{134,137}Cs$, которые интенсивно мигрируют по сельскохозяйственным цепочкам. Плотность радиоактивного загрязнения на значительных территориях оказалась настолько высокой, что исключало использование получаемой сельскохозяйственной продукции.

Радиоактивное загрязнение земель — одна из наиболее серьезных социально-экономических проблем. Считается, что в Российской Федерации территория 21 административной единицы подверглась радиоактивному загрязнению после

аварии на ЧАЭС. Для большинства этих регионов уровни загрязнения ^{137}Cs не превышают 37 кБк/м^2. В четырех областях (Брянская, Калужская, Орловская и Тульская) были зарегистрированы уровни загрязнения ^{137}Cs от 37 до 1500 кБк/м^2. На территории РФ в зоне отчуждения оказались сельскохозяйственные угодья в Брянской области. Общая площадь сельскохозяйственных угодий с плотностью загрязнения свыше 1480 кБк/м^2 (40 Ки/км^2) составила 17,1 тыс. га (рис. 2).

За время, прошедшее с момента аварии, произошло перераспределение площадей по уровням загрязнения. Площадь загрязненных сельхозугодий с плотностью загрязнения выше 37 кБк/м^2 в период с 1986 по 2007 гг. по Брянской области сократилась почти на 40%, Калужской на 17%, Орловской на 36,9%, Тульской на 28,5% (таблица 12-11).

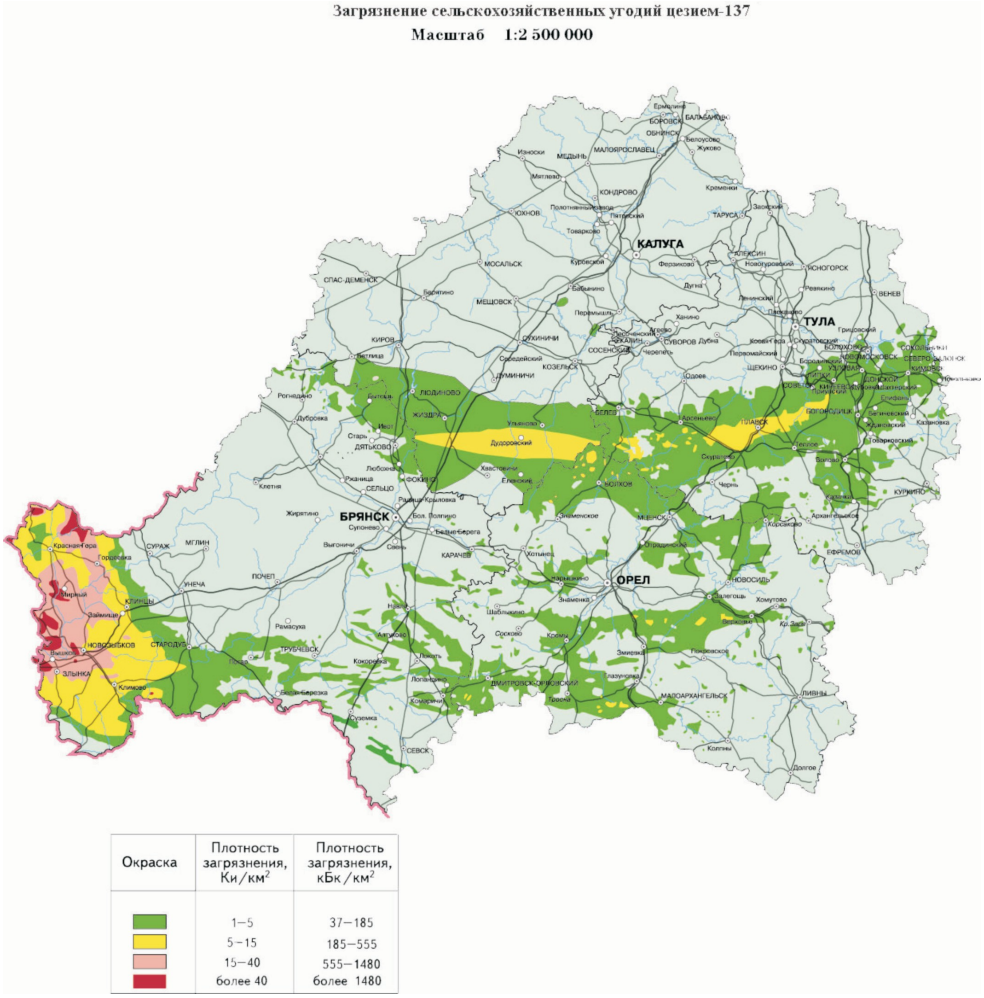

Рис. 2. Карта-схема загрязнения сельхозугодий ^{137}Cs (на 01.01.2007 г.)

Площадь сельхозугодий с уровнем загрязнения от 37 до 185 кБк/м^2 в Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областях уменьшилась на 35,1; 3,7; 36,4 и 23,1% соответственно. В связи с радиоактивным распадом ^{137}Cs площадь сельхозугодий с уровнем загрязнения 555–1480 кБк/м^2 уменьшилась в Брянской области на 68,3%. В

Калужской области земель с данной плотностью загрязнения практически не осталось, их площадь составляет всего 0,01% от всей загрязненной территории.

Таблица 2

Распределение площадей сельскохозяйственных угодий по плотности загрязнения ^{137}Cs, по данным Брянского, Калужского, Тульского и Орловского центров химизации и сельскохозяйственной радиологии

Область	Плотность загрязнения ^{137}Cs, кБк/м^2				
	37–185	185–555	555–1480	>1480	всего
1987 г.					
Брянская	401 400	186 600	97 600	17 106	702 706
Калужская	111 700	33 100	700		145 500
Орловская	652 086	16 668			668 754
Тульская	653 000	125 700			778 700
2007 г.					
Брянская	260 400	125 400	30 900	5450	421 700
Калужская	107 531	12 599	3		120 133
Орловская	414 660	7362			422 022
Тульская	502 100	55 000			557 100

Данные радиологического обследования позволили оценить распределение по плотности загрязнения ^{137}Cs земель, выведенных из сельскохозяйственного оборота. За прошедший после аварии на Чернобыльской АЭС период в результате радиоактивного распада площади земель с плотностью загрязнения по ^{137}Cs свыше 1480 кБк/м^2 сократились и в настоящее время составляют 31,9% от ранее выведенных из оборота земель, т.е. 5,45 тыс. га. Остальные земли по радиологическому критерию (плотность загрязнения) могут быть возвращены в хозяйственное использование.

3.5. Восстановление техногенно-нарушенных сельскохозяйственных земель

Восстановлению подлежат нарушенные земли всех категорий, а также прилегающие земельные участки, полностью или частично утратившие продуктивность. Возможные направления использования нарушенных земель после их восстановления показывает таблица 12-27, классификация приемов восстановления — таблица 3.

Таблица 3

Возможные направления использования нарушенных земель

Преобладающий вид нарушенных земель	Возможное последующее использование восстановленных площадей
Радиоактивное и химическое загрязнение	Сельскохозяйственное и лесотехническое в производственных целях
Сочетание соляных копей и отвалов соленосных пород, загрязнение земель нефтью и нефтепродуктами	Выборочно сельскохозяйственное с применением орошения
Сочетание типов земель, сопутствующих подземной разработке каменного угля и цветных металлов: отходы обогатительного производства (хвостохранилища)	Природоохранное: озеленение местными (зональными) видами растений

Нарушенные земли после рекультивации могут быть использованы под пашни, сенокосы, лесопосадки, а также под спортивные и игровые площадки, парки, кемпинги, строительство.

При сельскохозяйственном направлении рекультивации земель формируемые участки должны быть удобными по рельефу, размерам и форме. Размеры и планировка участков должны обеспечивать производительное использование современной сельскохозяйственной техники и исключение развития эрозионных процессов и оползней почвы.

Перед подготовкой земель под пашню на малопродуктивные почвообразующие породы наносят плодородный слой почвы. В случаях отсутствия требуемого количества почвенного грунта наносят потенциально плодородные породы. Для формирования корнеобитаемого слоя проводят агротехнические и мелиоративные мероприятия по повышению плодородия потенциально плодородных пород с последующим выращиванием на них однолетних, многолетних злаковых и

бобовых культур. По окончании работ по восстановлению земель при сельскохозяйственном направлении их использования необходимо заключение агрохимической и санитарно-эпидемиологической служб об отсутствии опасности выноса растениями веществ, токсичных для человека и животных.

Общие принципы восстановления техногенно загрязненных угодий включают:

- зонирование территории по уровню загрязнения токсичными и опасными веществами и зональное размещение отраслей агропромышленного комплекса;
- зональные особенности систем земледелия;
- проведение защитных мероприятий, обеспечивающих устойчивое функционирование сельскохозяйственного производства;
- обеспечение сохранения и расширенного воспроизводства плодородия почв;
- ограничение или полное исключение возможностей распространения (перемещения) поллютантов из очагов загрязнения (ветровой и водной эрозией).

Основные этапы и очередность проведения работ по реабилитации сельскохозяйственных угодий, подвергшихся техногенному загрязнению:

- оценка радиоэкологической, химико-токсикологической обстановки;
- оценка риска получения сельскохозяйственной продукции, не соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам;
- обоснование и выбор комплекса мероприятий, направленных на ликвидацию негативных последствий техногенного загрязнения земель.

3.6. Восстановление радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных земель

При техногенном загрязнении почвы экономически целесообразно разрабатывать приемы возделывания сельскохозяйственных культур, основанные на традиционных (базовых) технологиях. В этом случае выделяются отдельные элементы (технологические приемы) в рамках традиционных зональных технологий, адаптация которых позволяет

регулировать поведение радионуклидов и химических токсикантов в системе почва–растение.

Приемы восстановления земель, загрязненных радионуклидами, носят долговременный характер и направлены на ограничение их перехода в сельскохозяйственную продукцию. Эти приемы подразделяются на следующие группы (табл. 4): 1) агроэкологические приемы; 2) удобрения и мелиоранты; 3) обработка почвы; 4) фитомелиорация.

Таблица 4

Эффективность технологических приемов восстановления почв, загрязненных радионуклидами

Технологический прием	Эффективность приемов восстановления (кратность снижения накопления загрязняющих ве ществ в сельскохозяйственной продукции)
Организационные приемы	Эффективность обусловлена выполнением комплекса организационных мероприятий
Вспашка с оборотом пласта	1,2–3,0 раза
Глубокое безотвальное рыхление (40–45 см)	1,5–3,5 раза
Поверхностное улучшение лугов и пастбищ	1,5–2,5 раза
Коренное улучшение лугов и пастбищ	2,0–10,0 раза
Известкование (в дозе 1,5–2,0 Нг)	1,5–2,5 раза
Применение органических удобрений*	1,5–2,5 раза
Применение калийных удобрений**	1,5–3,0 раза
Применение фосфорных удобрений**	1,5–2,0 раза
Применение азотных удобрений**	до 1,5 раза
Совместное внесение извести, органических и минеральных удобрений (фосфорных и калийных)	1,5–3,0 раза
Применение глинистых минералов и комплексного удобрения на основе трепела (Супродит)	1,5–2,5 раза
Применение биологически активных веществ	1,2 раза
Подбор сортов и видов культур	3–10 раз
Чередование культур (севооборот)	До 1,5 раза

* Более 40 т/га.
** Дополнительно 0,5N, 1P, 1K к региональным дозам удобрений.

Обработка почвы — эффективный прием восстановления плодородия почв на радиоактивно загрязненных землях. Основными задачами

обработки почвы являются создание благоприятных водно-воздушного и теплового режимов путем изменения строения пахотного слоя почвы и ее структурного состояния; улучшение питательного режима в результате воздействия на жизнедеятельность почвенной биоты.

Вспашка с перемещением загрязненного слоя почвы в более глубокие слои за пределы пахотного горизонта применяется на радиоактивно загрязненных угодьях. Обработка почвы серийно-выпускаемыми в стране сельскохозяйственными орудиями приводит к перераспределению радионуклидов в пахотном слое. Вспашка с оборотом пласта на глубину 20–30 см (мощность пахотного горизонта) приводит к удалению токсикантов в более глубокие слои почвы, что вызывает снижение содержания радионуклидов в гумусовом горизонте почв и в сельскохозяйственных культурах. Дискование почвы на глубину 10–12 см уменьшает поступление ^{137}Cs в сельскохозяйственные культуры в 1,5 раза. Вспашка на глубину 20–22 см приводит к снижению перехода ^{137}Cs в растения в 1,5–2,0 раза. Глубокая обработка дерново-подзолистой почвы с помощью чизельного плуга (на глубину 40–45 см) и последующее уменьшение глубины основной обработки (18–20 см) способствуют уменьшению поступления ^{137}Cs в растения до 1,5–3,5 раза.

Обработка почвы на природных лугах направлена на разрушение дернины, тщательное ее перемешивание в гумусовом горизонте, что способствует сорбции радионуклидов почвенно-поглощающим комплексом.

Элементами технологических приемов, способствующих снижению накопления радионуклидов в растениях, являются: известкование кислых почв, система применения минеральных, органических удобрений и мелиорантов.

Известкование (1,5–2,0 Нг) загрязненных кислых почв способствует снижению поступления радионуклидов в сельскохозяйственные культуры в 1,5–2,5 раза. В качестве известковых материалов можно использовать $Ca(OH)_2$, мартеновские и электроплавильные шлаки в дозе 8–9 т/га. На

дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах обязательно применение доломитовой муки или доломита. На выщелоченном черноземе при pH менее 5,0 вносят известковые материалы в дозе до 5 т/га.

Применение органических удобрений способствует снижению накопления ^{137}Cs сельскохозяйственными культурами в 1,5–2,5 раза в зависимости от уровня плодородия почв.

Двойные дозы калийных удобрений на дерново-подзолистых почвах снижают накопление ^{137}Cs в растениях до 2,2 раза. Внесение повышенных доз фосфорных и калийных удобрений (2Р–2К) уменьшает поступление ^{137}Cs в продукцию растениеводства до 3,0 раза. Повышенные дозы калийных удобрений можно вносить раз в 2–3 года, а в остальные годы удобрения вносят под запланированный урожай с учетом обеспеченности почвы подвижным калием и плотностью загрязнения почвы ^{137}Cs.

Комплексное применение органических (40–80 т/га) и минеральных удобрений ($N_{90–135}P_{90–180}K_{90–240}$) является более эффективным приемом получения сельскохозяйственной продукции с наименьшим содержанием радионуклидов, чем внесение одних минеральных удобрений. При этом азотные удобрения должны вноситься в расчете на планируемый урожай, так как их повышенные дозы приводят к увеличению перехода радионуклидов в продукцию. Сбалансированное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений в со- отношении NPK = 1 : 1 : 1,5 и NPK = 1 : 1,5 : 2,0 (1 — зональные дозы) позволяет получать сельскохозяйственную продукцию в соответствии с нормативами по содержанию радионуклидов.

В условиях интенсификации сельского хозяйства рост урожаев сопровождается увеличением выноса всех питательных элементов, в том числе микроэлементов. Это повышает потребность в отдельных микроудобрениях на почвах не только с недостатком, но и с умеренным содержанием соответствующих микроэлементов в доступной форме.

В первую очередь растениям необходимы: медь, бор, марганец, цинк, молибден.

Определяющие факторы содержания валовых запасов, а также подвижных форм микроэлементов — гранулометрический и минералогический составы почвы. Количество почти всех микроэлементов снижается по мере перехода от тяжелых почв к супесчаным и песчаным. Обеспеченность почв магнием, серой и другими микроэлементами в подвижном и хорошо доступном состоянии в значительной мере зависит от степени их окультуренности и, в первую очередь, от содержания гумуса и кислотности.

Микроэлементы в составе минеральных удобрений вносят при основной и предпосевной обработках почвы, а также при посеве в рядки и лунки. При таком способе внесения достигается наиболее полное удовлетворение потребности растений в микроэлементах на протяжении всего периода вегетации. Совместное применение макро- и микроэлементов в таких удобрениях обеспечивает лучшую позиционную доступность питательных элементов для растений и повышает коэффициент их использования.

Второй способ рационального применения микроэлементов — использования их для предпосевной обработки семян.

Применение биопрепаратов. В ходе проведения вегетационных опытов было показано, что обработка семян ячменя новыми биологически активными бактериальными препаратами на радиоактивно загрязнен- ной дерново-подзолистой почве снижала накопление ^{137}Cs вегетативной массой ячменя в 1,3 и 1,5 раза по сравнению с вариантами без применения биопрепаратов.

Подбор культур. Сельскохозяйственные культуры, в зависимости от видовых особенностей, различаются между собой по накоплению ^{137}Cs до 30 раз. Минимальным размером накопления радионуклидов характеризуются озимые зерновые и картофель, максимальным — бобовые и зернобобовые культуры. Сортовые различия по накоплению ^{137}Cs в урожае растений достигают в среднем 2–7 раз (для озимой ржи — 2–7, озимой пшеницы — 1,5–5,0, яровой пшеницы — 2–4, ячменя и овса — 1,5–3, для картофеля — 1,5–3, овощей — 2–3 раза).

3.7. Восстановление земель, загрязненных тяжелыми металлами

При ведении растениеводства на землях, загрязненных ТМ, необходимо правильно подобрать технологические приемы, обеспечивающие получение сельскохозяйственной продукции, соответствующей существующим нормативам: 1) удобрения и мелиоранты; 2) обработка почвы;
3) фитомелиорация.

Восстановление земель, загрязненных нефтью и нефтепродуктами

Восстановление почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами осуществляется в два последовательных этапа: технический и биологический. Сроки и стадии рекультивации определяются в соответствии с уровнем загрязнения, климатическими условиями и состоянием биогеоценоза.

Восстановление почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, считается завершенной после создания густого и устойчивого травостоя, при этом концентрация остаточных нефтепродуктов должна соответствовать: для пашни, сенокосов, пастбищ — до 1 г/кг.

Перечень наиболее эффективных технологических приемов восстановления почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами:

1) механизированное рыхление для улучшения аэрации;
2) поддержание постоянной влажности;
3) внесение органических и минеральных удобрений;
4) известкование и гипсование в случае необходимости;
5) высев нефтестойких трав, активизирующих почвенную микрофлору (при содержании остаточных нефтепропродуктов $<6\%$);
6) внесение биопрепаратов, содержащих штаммы нефтеокисляющих бактерий (при содержании остаточных нефтепропродуктов $>6\%$).

Ведение агропромышленного производства на техногенно-нарушенных территориях и реабилитация сельскохозяйственных угодий рассматриваются как целостная система мероприятий, направленных на восстановление и повышение плодородия почв и получение продукции, соответствующей

существующим нормативам.

Нарушенные в результате хозяйственной деятельности человека земли должны восстанавливаться своевременно и с надлежащим качеством. Восстанавливают нарушенные земли, проводя рекультивацию в несколько этапов. При этом выделяют мероприятия по восстановлению плодородия и улучшению качества верхнего слоя почвы для последующего сельскохозяйственного использования. Проведение восстановительных работ способствует более быстрой интеграции нарушенных земель в природную среду.

Устойчивое развитие агропромышленного комплекса в условиях техногенеза возможно только на основе сочетания правовых, организационных и экономических механизмов, направленных на охрану агросферы в условиях техногенного воздействия и предотвращение экологического ущерба.

ТЕМА 4. Мелиорация почв и земель

Одним из главных условий существования людей на земле является сохранение почв, улучшение их режима и свойств, повышение плодородия. Вместе с тем на земном шаре происходит систематическое абсолютное и относительное уменьшение площади почв, находящихся в сельскохозяйственном и ином использовании.

А б с о л ю т н о е уменьшение площади почв связано с урбанизацией общеества, ростом городов, населенных пунктов, дорожных коммуникаций, развитием горной индустрии, строительством аэродромов, отчуждением земель в связи с развитием гидроэнергетики и многими другими объективными и непрерывно дискующими причинами. По данным ООН, ежегодное отчуждение земель сельскохозяйственного пользования в целом в мире составляет 5-7 млн га.

О т н о с и т е л ь н о е уменьшение площади почв, находящихся в сельскохозяйственном пользовании, обусловлено демографическими факторами. Бурный рост населения обусливливает снижение площади пашен и других угодий, приходящихся на одного человека. Увеличение

численности населения определяет необходимость непрерывного роста производства продовольствия и сельскохозяйственного сырья для промышленности. Это противоречие (сокращение площади почв в сельскохозяйственном пользовании, с одной стороны, и непрерывно растущая потребность в продовольствии и сырье - с другой) может быть разрешено только в результате резкого повышения плодородия почв, увеличения выхода продукции с единицы площади. Последнее возможно за счет внедрения в практику земледелия достижений селекции, химизации, механизации, электрификации.

Приемы окажутся малоэффективными или непригодными для использования до тех пор, пока почвам не будут приданы благоприятные для роста и развития сельскохозяйственных, лесных культур свойства и вторичные, более благоприятные (или оптимальные) по сравнению с естественными (исходными) водный, тепловой и солевой режимы. Нередко в целях мелиорации необходимо улучшение только одного режима почв (например, водного, путем их орошения).

Мелиорация (от лат. melio - улучшать) - это система мероприятий по улучшению свойств и режима почв в благоприятных производственном (сельскохозяйственном, леесохозяйственном и др.) и экологическом направлениях. Мелиорация обеспечивает создание важнейших условий для получения высоких и устойчивых урожаев, рациональное использование почв, совершенствует производство, качественно меняет условия и производительность труда. В учебнике «Основы мелиорации» академик А.Н. Костяков, один из наиболее крупных мелиораторов нашего времени, рассматривал сельскохозяйственные мелиорации как «...систему организационно-хозяйственных и технических мероприятий ... имеющих задачей коренное улучшение неблагоприятных природных (почвенных, климатических, гидрологических) условий в целях успешного хозяйственного освоения и использования этих территорий, прогрессивного повышения плодородия их почв». При этом всегда следует иметь в виду, что мелиорация представляет собой лишь часть сложного комплекса

мероприятий, направленных на оптимизацию процесса сельскохозяйственного и лесохозяйственного производств, общего подъема продуктивности почв. Ее эффект в полной мере проявляется только на фоне высокой культуры земледелия и лесного хозяйства. Следует подчеркнуть, что при низком уровне агрономического производства эффективность целесообразно построенной мелиоративной системы может оказаться весьма незначительной, а затраты на ее строительство не оправданными вообще. Таким образом, мелиорация является э л е м е н т о м землепользования вообще и з е м л е д е л и я в частности. Ее эффект тем выше, чем выше общий уровень земледелия. И наоборот, чем ниже уровень земледелия, тем менее эффективны мелиоративные мероприятия.

Мелиорация в Российской Федерации регламентируется Федеральным законом от 10 января 1996 г. N 4-ФЗ "О мелиорации земель" (с изменениями и дополнениями 10 января 2003 г., 22 августа, 29 декабря 2004 г., 18 декабря 2006 г., 26 июня 2007 г., 13 мая, 14 июля, 30 декабря 2008 г., 28 ноября 2011 г., 14 октября, 31 декабря 2014 г., 5 апреля 2016 г., 27 декабря 2019 г.).

Согласно статье 5 ФЗ В зависимости от характера мелиоративных мероприятий различают следующие типы мелиорации земель:

гидромелиорация;

агролесомелиорация;

культуртехническая мелиорация;

химическая мелиорация.

В составе отдельных типов мелиорации земель настоящим Федеральным законом устанавливаются виды мелиорации земель.

Гидромелиорация земель (статья 6 ФЗ) состоит в проведении комплекса мелиоративных мероприятий, обеспечивающих коренное улучшение заболоченных, излишне увлажненных, засушливых, эродированных, смытых и других земель, состояние которых зависит от воздействия воды.

Гидромелиорация земель направлена на регулирование водного, воздушного, теплового и питательного режимов почв на мелиорируемых землях посредством осуществления мер по подъему, подаче, распределению и отводу вод с помощью мелиоративных систем, а также отдельно расположенных гидротехнических сооружений.

К этому типу мелиорации земель относятся оросительная, осушительная, противопаводковая, противоселевая, противоэрозионная, противооползневая и другие виды гидромелиорации земель.

Агролесомелиорация земель (статья 7 ФЗ) состоит в проведении комплекса мелиоративных мероприятий, обеспечивающих коренное улучшение земель посредством использования почвозащитных, водорегулирующих и иных свойств защитных лесных насаждений.

К этому типу мелиорации земель относятся следующие виды мелиорации земель:

противоэрозионная - защита земель от эрозии путем создания лесных насаждений на оврагах, балках, песках, берегах рек и других территориях;

полезащитная - защита земель от воздействия неблагоприятных явлений природного, антропогенного и техногенного происхождения путем создания защитных лесных насаждений по границам земель сельскохозяйственного назначения;

пастбищезащитная - предотвращение деградации земель пастбищ путем создания защитных лесных насаждений.

Культуртехническая мелиорация (статья 8) земель состоит в проведении комплекса мелиоративных мероприятий по коренному улучшению земель.

Этот тип мелиорации земель подразделяется на следующие виды мелиорации земель:

расчистка мелиорируемых земель от древесной и травянистой растительности, кочек, пней и мха;

расчистка мелиорируемых земель от камней и иных предметов;

мелиоративная обработка солонцов;

рыхление, пескование, глинование, землевание, плантаж и первичная обработка почвы;

проведение иных культуртехнических работ.

Химическая мелиорация (статья 9) земель состоит в проведении комплекса мелиоративных мероприятий по улучшению химических и физических свойств почв. Химическая мелиорация земель включает в себя известкование почв, фосфоритование почв и гипсование почв.

Ф.Р.Эйдельман (2003) выделяет шесть основных видов мелиорации почв, применяемых при сельскохозяйственном, лесохозяйственном и ином использовании территории: агрономические, биологические, химические, гидротехнические, культуртехнические и тепловые.

Под а г р о н о м и ч е с к и м и м е л и о р а ц и я м и (агромелиорациями) следует понимать комплекс мероприятий, направленных на изменение (улучшение) рельефа и физических свойств почв. Это может быть решено путем планировки поверхности, профилирования, грядования, гребненания, узкозагонной пахоты и др. Агромелиоративные мероприятия обеспечивают организацию и ускорение поверхностного стока, улучшают распределение влаги на поверхности орошаемого поля.

К агромелиоративным мероприятиям следует отнести приемы изменения физических свойств подпахотных горизонтов с помощью глубокого рыхления, кротования и др. К этой группе мероприятий следует отнести и плантажную глубокую пахоту, а также песчаную смешанную, покровную и песчаную смешанослойную культуры земледелия на торфяных почвах, щелевание.

При ф и т о м е л и о р а ц и я х используют возможность улучшения свойств почв и их режимов путем применения адаптированной к конкретным условиям травянистой и древесной растительности. К фитомелиорациям относят залесение песков (например, залесение подвижных песков Центральной Азии посадками черного саксаула), создание лесных полос, использование транспирирующей способности деревьев для понижения уровня грунтовых вод, закрепление склонов,

откосов, тальвегов посевами многолетних трав. Биологические особенности ряда растений могут быть использованы для рассоления поверхностных слоев профиля. Растения-сидераты улучшают структуру почвы, способствуют борьбе с их солонцеватостью.

Химические мелиорации направлены на изменение неблагоприятных химических и физических свойств почв и оросительных вод. Химические мелиорации включают внесение крупных доз извести при глубоком мелиоративном рыхлении на всю глубину обработки, а также гипса при борьбе с солонцеватостью или при профилактике этого явления в процессе промывок засоленных почв от избытка водорастворимых солей. Химические мелиорации могут быть связаны с необходимостью изменения свойств оросительных вод, например, внесение кальция (обычно гипса) в поливные воды, обогащенные бикарбонатом натрия, или разбавленной серной кислоты. К химическим мелиорациям следует отнести мероприятия по кислованию почв содовою засоления, усилению окислительной способности оросительных вод путем их предварительного насыщения кислородом и др.

Культуртехнические мелиорации - комплекс технических мероприятий, обеспечивающих приведение в благоприятное для возделывания культурных растений состояние поверхности и корнеобитаемых горизонтов. Это достигается путем уборки поверхностных и внутрипочвенных камней, удаления кустарника, пней, кочек, мелколесья, засыпки ям, разборки валов выкорчеванной древесины, извлечения погребенной древесины и др.

Гидротехнические мелиорации обеспечивают подведение к мелиорированной территории поливных вод, необходимых для регулирования водного режима почв, аккумуляцию влаги в необходимом количестве и в нужное время, сброс избыточной гравитационной влаги за пределы рассматриваемой территории. Гидротехнические мелиорации имеют своей основной задачей регулирование водного режима почв. Это достигается орошением,

осушением, двусторонним регулированием водного режима почв, обводнением территории, строительством водохранилищ.

Тепловые мелиорации направлены на изменение теплового режима почв с помощью мероприятий по трансформации гранулометрического состава поверхностных горизонтов (например, внесение мелких камней в пахотные слои северных почв с целью уменьшения их теплоемкости и повышения температуры, систематического снегозадержания, мульчирования поверхности и др.).

Различия между отдельными видами мелиорации носят несколько условный характер, однако принятое деление позволяет более четко ориентироваться в сложной системе современных мероприятий, направленных на улучшение свойств и режима почв.

Так как мелиорация - это система определенных технических и иных мероприятий, направленных на улучшение свойств и режимов почв, то обычно наибольший эффект удается достигнуть при комплексном применении различных видов мелиорации. Например, при осушении тяжелых заболоченных почв - сочетанием агромелиорации, гидротехнических и культуртехнических мелиораций; при орошении засоленных почв - биологических, химических и гидротехнических мелиораций и т.д.

Задача мелиорации заключается в том, чтобы улучшить свойства и режим (или режимы) поверхностных рыхлых отложений в слое мощностью 1-2 м, т.е. в горизонтах почвенного профиля. Поэтому непосредственным и основным объектом мелиорации всегда является почвенный покров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии: Т. 1. Теоретические и методические основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий. Коллективная монография. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2013. — 756 с.

2. Национальный адрес https://xn--80aaaa1bhnclcci1cl5c4ep.xn--p1ai/cd2/323/323.html

3. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв: Учебник. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Изд-во МГУ, 2003. - 448 с.

4. Федеральный закон «О мелиорации земель» от 10.01.1996 7 № 4 –ФЗ (последняя редакция).