

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

С.П. Ломов

**ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ,
ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКА
И МЕЛИОРАТИВНАЯ ОЦЕНКА**

Рекомендовано Редсоветом университета
в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся
по направлению 21.03.02 «Землеустройство и кадастры»

Пенза 2014

УДК: 631.4(075)

ББК40.3(97)

Л75

Рецензенты: доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Биология и экология» А.И. Иванов (ПГСХА); доктор экономических наук, профессор кафедры «Экспертиза и управление недвижимостью» С.А. Баронин (ПГУАС)

Ломов С.П.

Л75 Почвенный покров Пензенской области, его характеристика и мелиоративная оценка: учеб. пособие / С.П. Ломов. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 92 с.

Рассмотрено строение почвенного покрова Пензенской области, дана характеристика основных типов и подтипов почв, приведена мелиоративная оценка рассматриваемых почв.

Пособие подготовлено на кафедре «Кадастр недвижимости и право» в соответствии с программой курса «Почвоведение и инженерная геология» и предназначено для студентов, обучающихся по направлению 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» очной и заочной форм обучения.

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2014

© Ломов С.П., 2014

ВВЕДЕНИЕ

Почва как основной компонент почвенного покрова – своеобразной оболочки Земли педосферы – является продуктом преобразования горных пород, слагающих литосферу с поверхностными водами, растительными и животными видами, составляющих природные биоценозы, которые образуют основу биосферы.

Как компонент биосферы – центра жизненных форм – почва находится в постоянном взаимодействии с пограничными оболочками планеты, активно участвует в многочисленных процессах обмена и превращения веществ и энергии на Земле.

Выполняя главнейшую глобальную функцию – обеспечение существования жизни на Земле, почва является основой роста и развития растений благодаря интегральному свойству – почвенному плодородию.

Выполнение курсового проекта по дисциплине «Почвоведение и инженерная геология» позволяет оценить состояние почвенного покрова в том или ином хозяйстве, мелиоративный уровень основных компонентов почвенного покрова и обосновать расчёты отдельных мелиораций для повышения продуктивности почв.

Почвоведение входит в число обязательных специальных дисциплин при подготовке бакалавров по направлению 21.03.02 «Землеустройство и кадастры».

Требованиями ГОСТа предусмотрено, что бакалавр, обучающийся по направлению «Землеустройство и кадастры», должен знать:

- строение и развитие Земли как планеты;
- её материальный состав;
- о фундаментальном единстве естественных наук;
- о последствиях антропогенного вмешательства в биосферу;
- о процессах изменения земной коры во времени и пространстве;
- об элементарных процессах почвообразования как основе разнообразия почв;
- особенности выветривания горных пород;
- основы поиска полезных ископаемых, чтения геологических и геоморфологических карт;
- основы и законы почвообразования, теоретических и экспериментальных исследований;

– место и роль почвы в экосистемах; состав и свойства почв; особенности почв сельскохозяйственного использования; качественную и количественную оценку плодородия почв;

– методы оценки рельефа и закладки почвенного разреза, его морфологического анализа, элементы почвенного картирования и составления почвенных карт, выполнения физико-химических лабораторных анализов почв.

Исходя из вышеизложенного, в учебный план обучения бакалавров по направлению 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» в качестве индивидуального самостоятельного задания вводится курсовой проект по дисциплине «Почвоведение и инженерная геология».

Целью курсового проекта является:

– закрепление и систематизация знаний о почвах, факторах почвообразования и элементарного процесса почвообразования;

– приобретения навыков использования профессиональной литературы, строение почвенного покрова и других источников;

– определение свойств почв и размеров мелиорации почв.

В связи с тем, что курсовой проект по дисциплине «Почвоведение и инженерная геология» является первой в учебном плане подготовки, он должен привить навыки правильного изложения и оформления полученной информации, обоснование выводов и предложений.

1. УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

1.1. История формирования климата и ландшафтов

История развития ландшафтов Пензенской области тесно связана с тектоникой Русской (Восточно-Европейской) платформой жестким докембрийским кристаллическим фундаментом. Последний препятствовал развитию горообразования, вследствие чего на протяжении палеозоя, мезозоя и кайнозоя тектоническая жизнь здесь протекала спокойно, без явлений резкого складкообразования пород и вулканизма, а также значительного изменения климата.

Значительное время на протяжении нижнего палеозоя (кембрий, силур, нижний девон) территория области представляла ареалы эрозионного размыва и накопления континентальных осадков во впадинах. В конце девона и начале карбона образовавшееся море стало мелеть, в результате известняки и доломиты перемежаются с прослойками глин и песков.

Начало верхней перми снова протекает в морских условиях; со стороны Урала сносятся продукты разрушения гор; также пермь характеризуется континентальным режимом, который сохранился до триаса. Новое наступление моря происходило в середине юрского и сохранилось до окончания мелового периода. Состав меловых отложений довольно разнообразен: в отложениях р. Суры обнаружены глины, песчаники, писчий мел. Палеогеновые опоки, песчаники, глины залегают на размытой поверхности мела. Третичные моря были последними в пределах Среднего Поволжья, т. к. воды четвертичных морей покрывали долины Нижнего Поволжья.

Таким образом, кристаллические породы докембрия, образующие фундамент Пензенской области, прикрыты толщей осадочных отложений морского и континентального происхождения.

Длительность четвертичного периода по сравнению с другими временными отрезками невелика, но богата событиями, имеющими большое значение для формирования современного рельефа ландшафтов. Четвертичный период продолжается до настоящего времени.

Следы важных в жизни Земли ландшафтных явлений этого времени еще очень свежи. Достаточно напомнить, что четвертичные оледенения Русской равнины и периодическое восстановление ландшафтов происходили уже на глазах человека каменного века.

Образования квартера представлены озерно-аллювиальными отложениями от верхнего эоплейстоцена до голоцена, ледниковым комплексом донского горизонта, делювиальными солифлюкционными, а

также лессовидными отложениями. Подобный набор отложений позволяет предполагать смену теплых и влажных ландшафтов довольно холодными и аридными периодами.

На Русской равнине установлены следы трех четвертичных оледенений Окско-Донского, Днепровского и Валдайского. Западная часть Пензенской области была покрыта толщами материкового льда в эпоху максимального Окско-Донского оледенения. Южная граница максимального оледенения проходит с севера вдоль р. Суры, разделяя типы четвертичных оледенений, господствующие на водоразделах.

В заключение необходимо отметить, что современные ландшафты – результат длительного сложного развития. В отдаленном прошлом на территории области была развита теплолюбивая тропическая и субтропическая флора с преобладанием вечнозеленых видов. Затем она сменилась листопадной флорой умеренных широт. В позднеледниковье растительность восстановилась до современного облика. Однако в течение голоцена она подвергалась как климатической, так и антропогенной эволюции.

1.2. Особенности климата и климатические ресурсы

Среднее Поволжье отличается по климату от Верхнего Поволжья меньшими величинами осадков, а от Нижнего Поволжья – меньшей термической обеспеченностью.

Зима в Среднем Поволжье значительно холоднее, чем в западных областях. Общее понижение температуры зимних месяцев здесь связано с ослаблением атлантических вхождений и усилением роли континентального воздуха. Сюда обычно входят зимние холодные сибирские антициклоны, и здесь происходит их застаивание. Более низкий, чем на западе, уровень температуры способствует устойчивости снежного покрова на протяжении почти шести месяцев.

Весна наступает быстрее, чем на Западе за счет теплых ветров из юго-восточных районов, где воздух в это время сильно прогревается.

Лето – весьма теплое, средняя температура составляет 20–22 градусов. В отличие от весны, летом преобладают ветра западного и северного направлений, поэтому высокая температура воздуха иногда сильно понижается из-за высокой циклонической деятельности и тыловых вхождений арктического воздуха.

Осень наступает более резко, чем в западных областях; сентябрь холоднее, чем май, октябрь холоднее апреля. В отдельные годы морозы в октябре могут достигать –15 градусов; количество осадков по сравнению с летом уменьшается почти вдвое.

Особенности синоптической ситуации над Средним Поволжьем позволяют выделить близкие климатические параметры, характерные для этого режима:

- среднегодовое количество осадков составляет 400–450 мм; среднегодовая температура 3,5–4,5 градусов;
- относительно резкое разделение холодных и теплых периодов;
- преобладание южных, юго-восточных и юго-западных ветров в холодную и западных, северо-западных и северо-восточных в теплую часть года;
- совпадение теплых периодов и максимума выпадения осадков в течение вегетации растений.

В среднем за вегетационный период с температурой выше 10 градусов выпадает от 208 до 275 мм. Поэтому сельскохозяйственная отрасль находится в полной зависимости от количества выпавших осадков за вегетационный период.

Климату Пензенской области в целом свойственна изменчивость во времени и пространстве. Следующие друг за другом годы могут сильно различаться между собой. В результате на карте агроклиматического районирования выделяют три района.

Первый район – достаточно увлажненный (ГТК = 1,0–1,2), он подразделяется на подрайоны:

- а) умеренно-теплый западный;
- б) прохладный северный;
- в) прохладный северо-восточный.

Второй район – умеренно увлажненный (ГТК = 0,9–1,0), включающий четыре подрайона:

- а) теплый юго-западный;
- б) умеренно-теплый центральный;
- в) прохладный юго-восточный;
- г) теплый южный.

Третий – район недостаточно увлажненный (ГТК меньше 0,9), с подрайонами:

- а) теплый юго-западный;
- б) умеренно-теплый юго-восточный.

1.2.1. Современные изменения климата

В лесостепной зоне более чем за 100 лет произошли следующие климатические изменения. Среднегодовая температура увеличилась с 3,9 градусов до 4,5. Разделение этих показателей по сезонам года показало, что прирост среднегодовых температур произошел в основном за счет зимних отрезков года, т. е. потепление зим произошло на 1,5 гра-

дусов. В летнее время увеличения тепла не произошло. Эволюция среднегодовых осадков, также показывает тенденция их увеличения на 145 мм, причем основная масса (135 мм) приходится на зимний период, и только 10 мм приходится на летний период.

Сельскохозяйственное производство в отличие от других отраслей строится на прямом использовании климатических ресурсов. Изменение урожайности зерновых можно рассматривать как результирующую двух основных факторов: культуры земледелия (агротехнология, селекция и т. д.) и погодных климатических условий.

Культура земледелия определяется степенью развития систем ведения сельского хозяйства, под которыми понимается комплекс взаимосвязанных агротехнологических, мелиоративных и организационных мероприятий по использованию земли, восстановлению и повышению плодородия почв; откликом на улучшение одного из мероприятий системы земледелия, например, семеноводство или агротехнологии, является некоторое устойчивое увеличение средней урожайности сельскохозяйственных культур.

Однако, как выяснилось, в настоящее время на показатель урожайности культур оказывает влияние цикличность климата Среднего Поволжья, которая характерна для этого района.

1.2.2. Цикличность климата и особенности климатических ресурсов

Другой особенностью климата Среднего Поволжья является цикличность погодных условий, которая определяет изменение урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от фаз климата. Соответствующие фазы климата называются западной и восточной.

Наиболее существенным различием между названными фазами климата является перераспределение осадков в течение вегетационного периода. Для западной фазы характерна положительная аномалия осадков в летнее время по сравнению со среднемноголетними данными. Подобная фаза климата наиболее благоприятна для роста и развития картофеля и других сельскохозяйственных культур мезофитной группы для получения максимальной продуктивности.

В восточную фазу климата происходит противоположное перераспределение осадков в течение вегетационного периода. В этот год отмечается преобладание сибирского антициклона над Средним Поволжьем. В результате для восточной фазы климата характерна отрицательная аномалия осадков летом по сравнению с многолетними данными. В этот год (восточная фаза) картофель и другие пропашные культуры ощущают дефицит влаги в критический период роста и развития, что отрицательно влияет на формировании урожая.

Расшифровку цикличности климата как чередование положительных и отрицательных аномалий атмосферных осадков за вегетационный период и прогноз этих смен со сбоями можно характеризовать как климатические ресурсы Среднего Поволжья. При этом необходимо учитывать, что тепло летом изменяется также в зависимости от аномальности осадков. Ретроспективный анализ цикличности климата в Среднем Поволжье предполагает возможность прогноза смен фаз погодных условий с большой вероятностью до 80 %.

Свет, тепло и ветер также рассматриваются как климатические ресурсы. За основу оценки климатических условий принимается комплекс факторов, которые объединяются под общим понятием «плодородие климата». К таким факторам относятся: длина вегетационного периода; напряжение тепла и света; вредные для культур температуры и степень обеспеченности тепловыми ресурсами в течение года и особенно в вегетационный период.

Современное потепление климата обуславливает увеличение периода нахождения почв в талом состоянии и снижение длительности сезонной мерзлоты и глубины промерзания в зимний период. Ранний сход снежного покрова и ранневесеннего протаивания почв может увеличить расход влаги на непродуктивное физическое испарение, что приведет к обострению весенней почвенной засухи.

1.3. Основные черты рельефа

Роль рельефа в почвообразовании весьма разнообразна. Он влияет на перераспределение тепла и влаги, продуктов выветривания и почвообразования на земную поверхность. Рельеф определяет интенсивность денудационных и эрозионных процессов. Вся территория Пензенской области составляет часть огромной Русской равнины, простирающуюся от западных границ России до Уральских гор.

Существуют различные типы рельефа и их классификации, которые можно рассмотреть на примере Пензенской области.

Для области характерны два типа рельефа:

- 1) аккумулятивный (окско-донская низменность);
- 2) денудационный (Приволжская возвышенность).

Первый тип рельефа распространен локально в самой западной части области, имеет неровную субмеридиальную границу по линии Вадинск – Белинский – Тамала. В нем преобладают пластовые низменные равнины с плейстоценовой поверхностью выравнивания. По абсолютным высотам это самая низкая часть Пензенской области, ко-

торая находится в пределах 100–150 м и имеет небольшую вертикальную расчлененность до 50 м.

На остальной территории области доминирует денудационный тип рельефа с двумя подтипами. К первому подтипу относится пластовая возвышенная равнина с плиоцен-плейстоценовой поверхностью выравнивания, которая преобладает в основном в западной части области и локально по прирусловым понижениям заходит в восточную часть. Для него характерно наличие абсолютных высот до 200 м с вертикальной расчлененностью от 50 до 100 м.

Второй подтип рельефа – тоже пластовая возвышенная равнина, но с более древней олигоцен-миоценовой поверхностью выравнивания. Этот рельеф преобладает в высокой части области и заходит локально в западную часть только в виде водоразделов, разделяющих бассейны основных рек. По абсолютным высотам он характеризуется самыми высокими отметками до 300 м и более, с вертикальным расчленением более 100 м.

В пределах отмеченных типов рельефа выделяют пойменные террасы. Они ежегодно заливаются во время разлива рек, за исключением тех, сток которых зарегулирован водохранилищем (например Сурским). Кроме того, в пределах крупных рек развиты надпойменные террасы. За счет большой абсолютной высоты они вышли из пойменного режима и приобрели денудационные формы рельефа.

В пределах описанных типов рельефа встречаются определенные его формы:

- 1) эрозионно-денудационные;
- 2) суффозионно-просадочные;
- 3) эоловые (бугры, котлованы);
- 4) сглаженные увалисто-холмистые формы древнего эрозионного расчленения равнины;
- 5) крутые склоны речных долин;
- 6) размытые моренные, зандровые равнины.

Названные формы рельефа имеют закономерное распространение, т.к. они связаны с основными типами рельефа. Главная роль рельефа в преобразовании ландшафтов принадлежит эрозионным процессам – размыву и смыву поверхности текущими дождевыми и талыми водами. Основными формами эрозионного размыва являются: промоины, овраги, балки и речная долина, представляющие собой перечень эволюционных стадий развития эрозионных форм рельефа.

1.4. Геологическое строение и основные почвообразующие породы

По структурно-геологическому строению территория области очень четко делится на две равные части – западную и восточную. Граница между ними совпадает с субмеридиальным направлением течения р. Суры, проходит по меридиану г. Пензы и далее – в направлении верховьев рек Колышлей и Сердоба. К дневной поверхности на территории области приближен комплекс осадочных пород, образовавшихся во время большого временного промежутка от каменноугольного до четвертичного периода включительно. С ним связаны все известные на территории области месторождения и появления твердых полезных ископаемых, а также выходы разнообразных почвообразующих пород.

Палеозой – каменноугольная система. Наиболее древним образованием, выходящим на древнюю поверхность в пределах Пензенской области, является средний Карбон, обнажающийся в ее северной части на значительных площадях по реке Исса в карбонатных породах; местами отмечаются редкие прослой глины, алевролитов, гипса.

Мезозой – юрская система. Юрские отложения на территории области развиты почти повсеместно, но на древнюю поверхность выходят лишь небольшие островки, в основном глины с прослоями песков и песчаников и глауконитовые пески.

Меловая система. Ее отложения развиты очень широко и занимают более половины площади западнее меридиана Пензы: кварцевые пески, песчаники, глины с желваками фосфоритов, писчим мелом и другие породы.

Кайнозой – палеогеновые отложения. Исключительно широко распространены в высотной части области. В западных районах они погребены под мощной толщей неогеновых и четвертичных осадков: кремневые опоки, реже песчаники и глауконит кварцевых песков.

Неогеновая система – имеет прерывистое распространение озерно-аллювиальных осадков, а также глауконит с содержанием глины (до 10 %).

Четвертичная система. Четвертичные отложения на территории Пензенской области распространены повсеместно, особенно в западных и южных районах. Они залегают на сложно построенной полихромной и полигенетической поверхностях мезозоя и палеогена.

Наиболее распространёнными являются элювиальные, делювиальные, озерно-аллювиальные, а также ледниковые (донской горизонт) образования. Локально развиты пролювий, эоловые пески, а также болотные образования с частыми линзами глины и песков.

Самые древние осадки характеризуются отложениями эоплейстоцена, которые подразделяются на два типа осадков:

1) Нерасчлененные делювиально-лессовидные отложения нижнего звена. Они занимают плоские вершины верхнего плато Приволжской возвышенности (плато Сурская шишка и др.).

2) Отложения верхнего звена занимают плоские вершины низкого плато центральной части области (Керенско-Чембарское и Сердобское поднятие), с отложениями коричневых и бурых суглинков, похожих на погребенные почвы.

Осадки неоплейстоцена на территории области распространены повсеместно, но их мощность и генетические типы значительно меняются в ее разных частях. На возвышенностях развиты преимущественно делювиально-лессовидные отложения.

Нижнее звено (Кольшлейская свита) относится к Ильинскому горизонту межрегиональной шкалы, который подстилает ледниковый комплекс донского горизонта. Для Ильинского горизонта характерны аллювиальные отложения. Ледниковые образования донского горизонта занимают значительные площади в западной части области. Гипсометрически верхняя кровля моренных отложений фиксируется на отметках 200–240 м.

Среднее звено – аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы (Сурский аллювий) – прослеживается во всех реках области, но особенности размещения аллювия и его литологического состава не идентичны в разных бассейнах.

Верхнее звено соответствует отложениями Микулинского межледниковья; это Заметчинский аллювий второй надпойменной террасы. Литологический состав типичных для аллювия отложений: в русловой части – песок и галька, в пойменной – коричневые, желтые и серые песчанистые глины с линзами мелкозернистых песков.

Овражно-балочные отложения нерасчлененные выполняют верховья долин малых рек и многочисленных оврагов и балок.

Эоловые отложения распространены на западе области и в долинах р. Сура. Они образуют изолированные площади различной формы и размеров.

Эоловые отложения представлены светлоокрашенными кварцевыми мелкозернистыми хорошо сортированными песками, почти не содержащими алевролитовых частиц их мощность варьируется от 2–3 м до 10 м.

Современные аллювиальные отложения приурочены к поймам, которые развиты во всех долинах рек, имеющих постоянный водоток. В литологическом составе доминируют разнозернистые пески с галькой, которые иногда венчают разрез. В верхней части разреза повсеместно наблюдаются погребенные почвы.

1.5. Гидрологическая и гидрогеологическая характеристика территории области

Основой водных ресурсов Пензенской области является речной сток и воды артезианских бассейнов. Сток воды на территории области формирует речную сеть, которая принадлежит бассейнам рек Волги и Дона. Объем речного стока ориентированно составляет 50–55 куб. км ежегодно, или 0,12 % речного стока России. На одного жителя области приходится 3,2 тыс. куб. метров в год. Объем волжского стока – 3,5–3,9 куб. км в год или 70,4 % от общего объема стока, донского – 1,5–1,6 куб. км в год или 29,6 %. Всего на территории области порядка 2746 рек и ручьев; с длиной более 10 км – 302. Подавляющее большинство рек начинается в пределах области, за исключением Суры, Кадады, Узы, Инзы. Наиболее крупные реки – Сура, Мокша, Хопер и Ворона.

Река Сура (с истоком в Ульяновской области) – правый приток Волги; в пределах области имеет водосборную площадь 31,400 кв. км, а протяженность – 344 км. Речная сеть состоит из 87 водотоков первого, второго, третьего и четвертого порядков. Общая длина рек Сурского бассейна – 2569 км. Вклад бассейна р. Сура в поддержание экологического равновесия бассейна р. Волги оценивается в 15 %, тогда как площадь Сурского бассейна составляет всего 8 % от Волжского.

После того, как в 1981 году было построено Чебоксарское водохранилище, уровень воды в Волге поднялся на 1 м, а в Суре в связи с этим замедлилось течение. Речное дно покрывалось почти мертвым слоем ила, и река потеряла способность самоочищаться. Резко сократилась численность рыбы, в том числе сурской стерляди.

Река Хопер – первый приток Дона. Его протяженность по территории области составляет 191 км, а водосборная площадь 8980 кв. км. В р. Хопер впадают 17 притоков первого и второго порядка. Самые крупные из них – Сердоба, Арчада и Колышлей. Общая длина Хоперского бассейна 573 км, а его водосборная площадь составляет 4039 кв. км.

Гидрогеологическая характеристика области соответствует районированию территории, где выделяются два артезианских бассейна: Приволжско-Хоперский и Волго-Сурский. Вода этих бассейнов является основным источником потребления жителями сельских районов и сельскохозяйственных объектов, так как менее загрязнена веществами антропогенного происхождения. Однако экспертиза водных артезианских бассейнов в плане экологического мониторинга показала, что 35 % скважин имеет превышение ПДК питьевой воды по железу, 15 % по фенолам, 8 % по БПК, 8 % по нефтепродуктам и т.д. География подобных скважин локализуется вокруг крупных предприятий типа «Спиртзавод», «Кузнецкобувь», строительных предприятий (Чаадаевка) и др.

1.6. Растительный покров

В настоящее время природные соотношения степных и лесных ландшафтов сильно нарушены человеком. На обширных площадях естественная растительность полностью преобразована в сельскохозяйственные угодья. Тем не менее, большое значение имеет и характеристика так называемого «восстановленного» растительного покрова, так как она ставит целью познание природных закономерностей, важных для хозяйственного использования территории.

В геоботаническом плане Пензенская область почти целиком располагается в пределах лесостепной зоны. Исключение составляет небольшая северо-западная окраина, которая относится к зоне смешанных лесов, представляющих переходную часть от лесостепной к хвойно-широколиственной.

На территории области леса занимают 22,3 % всей ее территории. Леса преимущественно широколиственные с преобладанием дуба. Среди лесообразующих пород главенствующая роль принадлежит сосне (31 %) и дубу низкоствольному (19 %). Значительный удельный вес приходится также на березу (19 %) и осину (18 %). Липа в общей площади, покрытой лесом, занимает всего 8 %.

За последние десятилетия преобладают негативные тенденции:

- 1) сократились площади широколиственных лесов – дубрав;
- 2) возросла площадь мелколиственных лесов – березы;
- 3) снизилась продуктивность древостоев сосны и дуба, а также березы.

Второй зональный тип – степи – сохранился еще хуже, чем леса; черноземы, развитые под степным травостоем, подвергались распашке раньше других типов почв. Травянистая растительность, сохранившаяся по склонам оврагов и балок, относится к мезофильному разнотравью, а при движении на юг господство переходит к дерновинным злакам.

Степи – это сообщества организмов, в которых роль первичных продуцентов выполняют травянистые растения – ксерофильный злак, ковыли, типчак, а также мезофильные злаки – ежа сборная, тимофеевка степная и другие виды разнотравья.

Многолетние травянистые растения в отличие от деревьев не накапливают значительной биомассы в многолетнем режиме и большую часть годового прироста теряют в виде наземного и корневого отпада. Черноземные почвы послужили основой для широкого сельскохозяйственного освоения пространств, занятых степью.

1.7. Животный мир

Почвенная фауна и животный мир играют важную исключительную роль в процессах превращения растительных остатков, используя их в качестве пищи и существенно ускоряя биологический круговорот. Основные черты животного мира области тесно связаны с особенностями растительности и других элементов ландшафта. С другой стороны разнообразие местной фауны усиливается деятельностью человека, который расселился в Поволжье еще в доисторические времена и привел с собой ряд форм, чуждых данной местности. Лесная и степная фауна даже в лесостепной зоне резко различаются, поэтому характеристику животного мира следует приводить отдельно.

По зоогеографическому районированию в пределах отдельной провинции выделяют Хоперский участок, который охватывает в основном водосборные бассейны реки Дона, в южной части области и узкой полосой по центру достигает ее северной границы. Для него характерны млекопитающие: хорек, степной заяц-русак, тушканчик большой, выхухоль, хомячок серый, суслик крапчатый, слепыш обыкновенный. В остепненных районах самый крупный представитель семейства беличьих – сурок (вес до 20 кг). По оврагам можно встретить барсука, а в южных районах – степную лисичку – корсака.

Животный мир лесов наиболее богат, независимо от типа леса можно встретить лося, куницу, зайца, белку, рыжую полевку и др. Из птиц характерными представителями хвойных лесов являются: дятел, рябчик, некоторые синицы, мохнатый сыч и др.

Европейская лесная провинция в пределах области представлена Вадинским участком. Для него характерны: кроты, соня, норка европейская, мыши и кабан. Из птиц преобладают осоед обыкновенный, журавль серый, дятел зеленый, тетерев. На востоке области сурский участок богат видами: лося, зайца-беляка, куницы лесной, белки, рыси. Из птиц преобладают тетерев, совка, глухарь и рябчик.

В смешанных, дубовых, березовых и сосновых лесах встречаются обычные насекомоядные: еж, крот, землеройка. Повсеместно обитает хорь лесной, куница, оседлый образ жизни ведет барсук. Из крупных хищников есть волк, лиса, рысь.

1.8. Хозяйственная деятельность и преобразование природных ландшафтов

Объективная характеристика природных ландшафтов невозможна без оценки хозяйственной деятельности. При рассмотрении каждого отдельно взятого природного компонента уже давалась оценка влияния человека. Также и в почвообразовании существенную роль играют антропогенные воздействия. Еще В.В. Докучаев упоминал об этих воздействиях в контексте учения о факторах почвообразования, указывая на всевозрастающее значение активности человека, на формирование почв.

В условиях современности хозяйственная деятельность человека из локального фактора преобразования почв, превращается в мощное глобальное воздействие.

1.8.1. Земельный фонд Пензенской области

Из общей площади земель области – 4335,2 тыс.га, в 1966 году приходилось 2957,1 тыс. га на сельскохозяйственные угодья – 68,2 %. К 2006 году отмечалось увеличение сельскохозяйственных угодий до 3045,7 тыс. га. Таким образом, около 30 % земель оставалось вне аспекта хозяйственной деятельности человека. Это в основном леса, кустарники, заповедники, болота, земли под водой и др. В западноевропейских странах с высокоразвитой промышленностью и сельским хозяйством (Финляндия, Франция) установлено, что для охраны природы (почв, растительности, животного мира) и здоровья человека необходимо соблюдать рациональное соотношение лесных и антропогенных ландшафтов. Под лесами этих стран сохраняется до 30–40 % площади с равномерным распределением его по территориям.

В Пензенской области такое соотношение на практике соблюдается лишь в северной части. Тогда как в южных районах площадь лесов сокращается до 10 % несмотря на организацию и проведение защитных и противоэрозионных лесополос и др.

Структура сельскохозяйственных угодий показывает, что из 2957,1 тыс. га 85,3 % приходится на пашню и около 1,0 % занятого залежами. В 2006 году процент залежи составлял уже 6,0 %.

На планете распаханно и удобрено около 11,1 % земель, а продуктивность их обеспечивает проживание около 7,0 миллиардов людей; в нашей области распаханно примерно 60 % от общей территории, т.е. в 6 раз больше мирового стандарта.

Диспаритет цен на сельскохозяйственную продукцию и энергетику обусловил невысокую рентабельность возделываемых культур и сни-

жение их производства. В результате появилась «брошенная» пашня. В целом по области эта площадь составила 449,85 тыс. га или 10,4 %. В настоящее время эти почвы подвержены процессам первой стадии целинивания, что способствует естественному восстановлению плодородия.

Наряду с деградационными процессами в почвах области (ускоренная эрозия), связанными с нерациональной структурой сельскохозяйственных угодий, существует и другой процесс деградации пахотных угодий – «выпахивание».

1.8.2. История земледелия и деградации почв

Со времен появления земледельческих племен человек, после освоения целинных земель сталкивается с проблемой истощения почв, а затем – и повышения их продуктивности. Впоследствии эта проблема получила название «выпахивания». Почвы, подверженные этому процессу, определяли как «выпаханные». Существуют разные трактовки термина «выпахивание», но все они отмечают снижение уровня плодородия пахотных почв, ухудшение их агрохимических свойств (снижение содержания гумуса, обесструктурирование). В настоящее время «выпахивание» оценивается как деструктивный агрогенный элементарный почвенный процесс (ЭПП), ведущий к разрушению почв или ухудшению их агрохимических свойств под воздействием агрогенных и технических нагрузок.

Освоение почв и их сельскохозяйственное использование связано с развитием всей цивилизации. У древних славян было развито пашенное земледелие: «наезжая пашня», перелог, подсек леса, паровая обработка и трехполье. Однако уже в 18-м веке М.В. Ломоносов поднимал вопросы водной эрозии и снижения плодородия, говорил о необходимости удобрения почв навозом, золой, древесными листьями, гипсом, известью, торфом. Агрономы по степному земледелию сталкиваются с проблемами по истощению черноземов, снижению урожайности и учащению периодических засух. В связи с этим В.В. Докучаев после засухи 1891 года предложил план охраны черноземных почв, борьбы с засухой и «оздоровления» сельского хозяйства. План включал такие меры, как защита почв от эрозии, регулирование стока в оврагах и балках, создание системы лесных защитных полос на водоразделах и склонах, устройство прудового орошения, правильное соотношение между пашнями, лесами и лугами. Предложение по «оздоровлению» сельского хозяйства не утратило своего значения и в условиях современности. Полученные результаты внедрялись с опозданием или не полностью (например, полезащитные полосы и т.д.). Поэтому были заметны повторы

значительных спадов урожайности, связанные, например, с первой мировой и гражданскими войнами, а также сильными засухами начала 1920-х годов. Затем спад урожайности отмечался в начале 1930-х годов. Самый сильный спад урожайности произошел в 1946 году.

В это время для повышения продуктивности почв В. Р. Вильямсом была предложена травопольная система земледелия, которая предполагала использование биологической мелиорации для воспроизводства плодородия почв при отсутствии минеральных и органических удобрений. Негативная оценка предложенной системы земледелия сопровождалась расширением пахотных угодий (распашка целины, залежей и многолетних трав).

В результате уже к 1960 году был восстановлен довоенный валовой сбор зерновых, в дальнейшем применение минеральных удобрений, позволило создать интенсивное производство зерна и повысить продуктивность почв почти в 2–3 раза. Однако агроэкологическое состояние почв при этом изменилось в негативную сторону. В это время обострилась проблема выпаханности почв. Для изучения этих проблем были организованы крупномасштабные почвенные исследования всех сельскохозяйственных земель страны. Составлялись почвенные карты и различные картограммы для каждого хозяйства. Сравнение туров почвенных исследований хозяйств и регионов и мониторинг свойств почв и агроэкологического состояния почвенного покрова показали развитие деструктивных процессов выпахивания. Одним из основных критериев оценки экосистем агроценозов является органическое вещество как наиболее динамическая и чувствительная к антропогенным воздействиям часть почвы. Исследования в Лунинском районе Пензенской области на черноземах выщелоченных показали, что за 40 лет (с 1962) содержание гумуса в пахотном слое снизилось с 8,8 % до 6,7 %, т.е. убыль составила примерно 25 %. Расчетная скорость дегумификации при этом составила 0,07 % или 2,1 т/га в год. Скорость дегумификации довольно высока по сравнению с другими регионами ЦЧО.

Гумус в значительной степени определяет плодородие и емкость поглощения почвы. Длительное сельскохозяйственное использование черноземов привело к снижению суммы поглощенных оснований почти на 20 %, а также к уменьшению величины обменного кальция на 21,5 %. Совместное снижение этих показателей оказывает негативное влияние на агрегатный состав черноземов – увеличивается глыбистость и снижается количество агрономических ценных агрегатов, что сопровождается увеличением техногенной нагрузки. Преобладание минеральных удобрений и техногенного влияния на почвенный покров привело к увеличению кислотности почв.

На данном этапе развития отрасли сельского хозяйства ученые вновь увидели спасение в травопольной системе земледелия, но под новым названием «биологизация». Это обосновывается невысоким применением минеральных удобрений из-за низкой покупательной способности предприятий; ухудшением состояния в животноводстве и снижением объема органических удобрений; снижением энергооснащенности из-за высоких цен на современную сельскохозяйственную технику (диспаритет цен) и, наконец, низкокзатратной технологичностью биологизированной системы земледелия.

Биологизация становится основой регулирования гумусного состояния почв за счет: оптимизации севооборотов, в которых подбор и оценка культур должны осуществляться не только по их продуктивности, но и по количеству органического вещества, оставляемого каждым предшественником; посевом многолетних трав, доля которых в структуре посевных площадей должна составлять не менее 15 % от пашни; сидерации – донниковый пар, смесь редьки масличной с викой озимой и горчицы с викой), пожнивных посевов редьки масличной, сурепицы, горчицы; использования органических удобрений; системы обработки почв с учетом ее минимализации; применения удобрений для увеличения первичной продукции агроценозов.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Строение почвенного покрова области определяется широтной зональностью и положением лесостепной зоны, предполагающей наличие двух зональных типов почв: черноземов и серых лесных. Высокая распаханность территории области (более 60 %) свидетельствует о большой преобразованности природных ландшафтов и формировании на большей части Пензенского края агроценозов.

Максимально по площади преобразованы черноземы, затем серые лесные почвы, лугово-черноземные варианты и различные пойменные – на молодом аллювии. Преобразованность почв сопровождалась участием большого количества деструктивных процессов, поэтому происходило изменение природных свойств вследствие дегумификации, декальцирования, дезагрегации, увеличения кислотности и эрозии. Восстановление отмеченных свойств обусловлено применением различных мелиораций.

В структуре почвенного покрова широко представлены сочетания светло-серых, серых и тёмно-серых лесных почв с серыми лесными глеевыми и оподзоленными черноземами. Такие комбинации часто осложняются эродированностью почв в северной части области. В южной части области территории выровненных водоразделов и пологих склонов заняты сложными вариациями – сочетаниями черноземов выщелоченных различной мощности, лугово-черноземных, темно-серых лесных почв.

Расчлененные территории с пологими и покатыми склонами характеризуются сочетаниями черноземов с их эродированными аналогами, которые осложняются развитием комбинаций овражно-балочного комплекса. В плане микрокомбинаций преобладают пятнистости, в которых на фоне зональной почвы встречаются пятна других типов и подтипов почв.

В настоящее время почвенный покров области формируется как в сравнительно-экологически чистых природных условиях, так и под влиянием сложных комбинаций антропогенных и природных факторов. В результате антропогенных воздействий, интенсивность и разнообразие которых все возрастает, в почвенных профилях на обширных массивах происходит поступательное накопление новых признаков, не свойственных природному почвообразованию, а сами почвы частично утрачивают свой облик.

2.1. Основные компоненты почвенного покрова области

К основным компонентам почвенного покрова относятся зональные типы почв: черноземы и серые лесные. Черноземы представлены в виде подтипов: оподзоленные, выщелоченные и типичные. Серые лесные почвы также представлены тремя подтипами: светлые, типичные и темные. Кроме зональных типов почв широко представлены азональные – серые лесные глеевые, малоизученные в Пензенской области. Лугово-черноземные почвы также относятся к интразональным почвам. В последнее время изучены оригинальные почвы на песчаных отложениях – дерново-песчаных борových лесов.

В аккумулятивных ландшафтах (пойменные террасы) формируется ряд интразональных типов почв: аллювиально-луговые; лугово-болотные; болотные и различные типы лесных почв с разной степенью грунтового увлажнения.

2.2. Серые лесные почвы

Серые лесные почвы с тремя подтипами занимают 34,5 % (1502 тыс. га) общей площади области, из них 517,9 тыс. га распахиваются. Остальные две трети ареала серых лесных почв заняты под кустарником и лесными насаждениями, а также используются в качестве пастбищ и сенокосов. Таким образом, одна треть серых лесных почв, которая распахивается наиболее трансформированна и подвергается эрозионным процессам и процессам выпашивания. Длительное земледельческое использование усилило пестроту почвенного покрова на пахотных угодьях, здесь возник широкий спектр почв разного возраста освоения и различной степени окультуренности в условиях пространственного варьирования рельефа и почвообразующих пород. Так, например, содержание гумуса в пахотных светло-серых лесных почвах составляет 0,64–3,24 % и сильно зависит от гранулометрического состава почвообразующих пород. Серые лесные (типичные) выделяются более повышенным содержанием гумуса – 3,4–5,9 %. Наиболее гумусированы темно-серые лесные почвы 4,16 %. Современные данные по темным серым лесным почвам уточняют содержание гумуса – 4,17–4,91 %. Особенно быстро разрушается структура темно-серых лесных почв – 5–8 % водопрочных агрегатов в пахотных почвах – это сильная степень деградации почв.

Исследования Чендева Ю.А. (1977) показали, что переход серых лесных почв из целинного состояния в пахотном слое сопровождается залеганием перестроенных почвенных профилей. В пахотных серых и

темно-серых лесных слабокультуренных почвах, пространственно преобладающих по площади, незначительно увеличивается мощность гумусовых горизонтов, ослабляется морфологическая выраженность элювиальных признаков за счет механического перемешивания. Гумус становится более гуматным. Структура в пахотном слое разрушается, а в нижних горизонтах слабо изменена. Уровень залегания карбонатов несколько повышается и происходит слабое подщелачивание нижней половины почвенных профилей.

Кроме того, в слабокультуренных серых лесных почвах активируются процессы, свойственные пахотным дерновоподзолистым: лессиваж и оглеение. Таким образом, изменения, происходящие в профилях пахотных серых лесных почв, характеризуются противоречивым набором процессов и свойств. По динамике некоторых параметров (увеличение гумусовых горизонтов, ослабление седоватости на гранях агрегатов, подтягивание к поверхности карбонатов, расширение соотношения $S_{гк}/S_{фк}$) можно говорить о сближении их с черноземами. По другим тенденциям (усиление выщелачивания, возрастание подвижности гумуса, проявление лессиважа и оглеения, ухудшение структуры верхних горизонтов) пахотные лесные почвы приобретают свойства более умеренных, северных типов почв.

Следовательно, при естественном развитии серых лесных почв почвообразовательный процесс складывается из основных элементарных процессов: гумусонакопление и ослабленное оподзоливание по сравнению с дерновоподзолистыми почвами, что в условия агротехногенного использования, кроме отмеченной двойственности почвенных процессов, приводит к заметным деградационным сдвигам по истощению почв на фоне культуры земледелия.

2.2.1. Серые лесные глеевые почвы

Этот тип почв встречается среди массивов серых лесных почв, на участках с повышенным увлажнением (в западинах, на шлейфах склонов, на славодренированных плоских водоразделах) под переувлажненными лесами или влажными лугами. У серых лесных глеевых почв строение профиля сходно с серыми лесными почвами, отличаясь от последних наличием признаков избыточного увлажнения в виде оглеения. В самостоятельный тип выделены недавно с двумя подтипами: поверхностно-глеевые и грунтово-глеевые.

В субстантивно-генетической классификации почв (2004) разделение серых лесных почв на подтипы светло-серых, серых и темно-серых не предусмотрено. В едином типе серых лесных почв выделяются следующие подтипы: типичные, глееватые и серые со вторым гумусовым горизонтом. Выделяются в самостоятельный тип агросерые почвы. Они

отличаются от естественного аналога – серых почв – гомогенным агрогенно-преобразованным горизонтом. Ландшафтное название «лесные» в новой классификации исключается.

2.2.2. Черноземы

Черноземы наиболее распространены в области и занимают 51,2 % (2417 тыс. га) общей площади. Три четверти чернозема распахиваются, оставшаяся четверть занята под многолетними насаждениями, частично под лесом и кустарником, а также используется в качестве пастбищ и сенокосов. Таким образом, по сравнению с серыми лесными почвами черноземы гораздо в большем объеме распаханы и, как следствие, в наибольшей степени преобразованы в результате сельскохозяйственного производства. В пределах Пензенской области выделяются следующие подтипы: оподзоленные, выщелоченные и типичные.

Черноземы оподзоленные в основном отличаются наличием в нижней части горизонта А1 кремнеземистой присыпки, выраженной то ясно, то слабо; в пахотных почвах она отсутствует. По вскипанию мощность горизонтов оподзоленных черноземов мало отличается от выщелоченных, а валовые анализы не показывают увеличения SiO_2 в горизонте с кремнеземистой присыпкой. Поэтому разделение черноземов на выщелоченные и оподзоленные подтипы основывается в большей степени на морфологических признаках. Прямые микроскопические исследования показали, что присыпка представляет собой мелкие кристаллы кварца и полевых шпатов, отмытые от гумусовых пленок гидроксидов железа. Гумусовый горизонт сохраняет характерное строение, как и в типичном черноземе. Причина образования осветленного горизонта, по мнению С.В. Зонна (1983 г.), связана не с подзолообразованием, а с лессиважем. А масса гумусовых и железистых пленок незначительна (по весу), что не сказывается ни на увеличении SiO_2 , ни на образовании элювиального гумусового горизонта. В результате традиционное название черноземы «оподзоленные» не подтвержденные ни по существу, ни по морфологии, С.В. Зонн предлагал заменить на «лессивированные». Однако консерватизм нашего мышления обусловил использование устаревших терминов и по сей день.

Черноземы оподзоленные имеют разнообразные ареалы в области. Общая площадь их составляет 233,4 тыс. га (5,4 %). Из них распаханы 187,3 тыс. га. Содержание гумуса в пахотном слое составляет 4,8–7,0 % с постепенным падением вниз по профилю. Изученные нами черноземы оподзоленные под лесом имели содержание гумуса в верхнем горизонте 9,89 %. Кислотность пахотного слоя, в основном, слабая, (pH_{KCL} 5,3–6,3). Гидролитическая кислотность в верхних горизонтах составляет – 5–8 мг-экв на 100 г почвы, в связи с этим степень насыщенности пахотного слоя высокая – от 80 до 88 %.

В «оподзоленных» горизонтах величина гидролитической кислотности увеличивается и соответственно уменьшается степень насыщенности почвы основаниями до 50 %. Таким распределением физико-химических свойств оподзоленные черноземы отличаются от выщелоченных подтипов. Степень выпаханности рассматриваемых почв составляет 25–55 % (Гальдин, 1997), при сравнении с целинными почвами по содержанию водопрочных агрегатов.

Черноземы выщелоченные характеризуются большей мощностью, лишены легкорастворимых солей и карбонатов до горизонта. BC_{Ca} и C_{Ca} . Горизонт В – явно оглиненный и обогащенный свободными формами железа. На современном этапе в некоторых регионах черноземы выщелоченные называют лессивированными (Черноземы СССР, 1978).

Черноземы выщелоченные наиболее распространены в области и занимают 1757,5 тыс. га (40,6 %). Кроме того, почвы этого подтипа максимально распаханы – 1520,8 тыс. га и лишь 237 тыс. га заняты под многолетними насаждениями, лесом и кустарником, а также используются в качестве пастбищ и сенокосов. Поэтому следует ожидать максимальную трансформацию черноземов выщелоченных в Пензенской области. Содержание гумуса в пахотных почвах составляет 4,5–8,46 % . Для сравнения следует привести данные по содержанию гумуса в черноземах выщелоченных попереченской заповедной степи – 14,95 % в самом верхнем горизонте (Кузнецов, 1997 г.). Таким образом, явно просматривается 40–60 % потерь гумуса в пахотных почвах по сравнению с целинными. Несмотря на столь большие потери гумуса в пахотных почвах, ближайшие участки к заповедной территории и другие массивы водораздельных пахотных черноземов потеряли всего 4,8 – 10,1 % от общих запасов (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Запасы гумуса в чернозёмах выщелоченных, т/га

Место положения разрезов	Количество гумуса			
	В пахотном слое	В горизонте А1	В метровой толще	Потери гумуса в почвах, %
101. Попереченская степь, Каменский р-н	-	515	627	-
37. Каменский р-н, пашня	187	342	568	9,5
104. Учхоз Пензенской ГСХА, пашня	286	449	563	10,3
5. Опытное поле Пенз. НИИСХ, пашня	178	388	596	4,8
8. Опытное поле Пенз. НИИСХ, пашня	135	325	444	29,3

Потеря гумуса до 10 % составляет допустимые пределы. А вот потери гумуса в склоновых чернозёмах составили 29,3 %, что предопределяет среднюю степень деградации почв, вызванную эрозионными процессами.

Величина pH_{KCl} колеблется от 5,4–6,7 мг-экв/100 г почвы. При этом степень насыщенности почв основаниями довольно высокая – 86–98 %.

Агрофизические свойства черноземов свидетельствуют о том, что содержание водопрочных агрегатов (меньше 0,25 мм) в пахотном слое составляет 20–55 %. Структурное состояние подпахотных горизонтов характеризуется значительно большим содержанием водопрочных агрегатов размером менее 0,25 мм и их количество изменяется в пределах 58–87 % (Гальдин, 1997 г). Последние данные подчеркивают степень выпаханности пахотных вариантов. Это особенно заметно при сравнении рассматриваемых данных с почвами естественного развития, где на долю водопрочной структуры (меньше 0,25 мм) приходится 79–89 %. Поэтому степень выпаханности черноземов выщелоченных составляет 45–71 % (по Гальдину). При этом разрушение структуры следует связывать в основном с механической обработкой и уменьшением поступления органического вещества, снижением гумуса, а также изменением его качества.

Черноземы типичные занимают небольшую площадь в области всего 190 тыс. га (4,4 %) и почти полностью распаиваются. Черноземы типичные выражают типичные свойства и признаки этого типа. Морфологически они отличаются от выщелоченных более высоким расположением карбонатов с глубины 60–70 см. По остальным свойствам и признакам они слабо отличаются от выщелоченных вариантов, так как «выпаханность» современных почв, используемых в агроценозе, маскирует их индивидуальные отличия. Содержание гумуса в пахотном слое составляет 6,1–7,3 %. Они также подвержены процессам выпаивания (снижение содержания гумуса и утрата агрономически ценной структуры). Черноземы типичные подвержены процессу подкисления.

В итоге необходимо подчеркнуть, что ведущим процессом почвообразования при формировании черноземов является гумусоаккумулятивный процесс, обуславливающий развитие мощной гумусированной части профиля, накопление элементов питания и оструктуривания почвенной массы. В настоящее время этот процесс в полной мере протекает в черноземах заповедной степи, под кустарниковой степью или под лесом. На значительной части почв, вовлеченных в сельскохозяйственную сферу, наблюдаются другие процессы: заметная дегумификация; преобладание минерализации органических веществ; утрата агрономически ценной структуры и уплотнение почв, а также ускоренная эрозия.

2.2.3. Лугово-черноземные почвы

Почвы этого типа формируются в притеррасных понижениях с уровнем грунтовых вод от 3 до 5 м, т.е. в непосредственной близости с луговыми и лугово-болотными подтипами почв (Почвенная карта 1984 г). Однако в последнее время изучение почв водораздельных массивов показало следующую картину. Из одиннадцати изученных разрезов в катенах южной и северной экспозиций междуречья р. Сура и Шукша семь из них оказались с признаками оглеения в средней и нижней частях профиля.

По рельефу они мало чем отличаются от распространения зонального подтипа чернозема выщелоченного. Тем не менее, в нижней части гумусового горизонта были заметны явные признаки сезонного переувлажнения – в виде глеевой зоны. Подобные явления оглеения черноземов на водоразделах были обнаружены и в других областях Русской равнины. Поэтому воронежские почвоведы, обобщая описанные ранее процессы оглеения, выделили на уровне зонального типа лугово-черноземные почвы с уровнем грунтовых от 3 до 5 м (Актырцев и др., 1981 г.), в отличие от черноземно-луговых почв с более близким залеганием грунтовых вод.

Таким образом, лугово-черноземные почвы мало чем отличаются от черноземов морфологическим строением, а также физико-химическими и химическими свойствами. Только pH_{KCl} в зоне оглеения понижается до 4,3, гидролитическая кислотность при этом увеличивается до 8,9 мг-экв на 100 г почвы и понижается степень насыщенности основаниями до 73,5 %.

С поверхности лугово-черноземные почвы мало чем отличаются от черноземов и поэтому проблематичны с точки зрения картографии. Содержат чуть меньше гумуса – 4,3–7,1 % в пахотном слое. Также хорошо заметна выпаханность пахотного слоя на 0,1–0,69 % гумуса по сравнению с подпахотными. Кислотность пахотного слоя почти такая же, как и у черноземов – 4,9–5,8 pH_{KCl} .

География описываемых почв еще слабо изучена в области, но процессами выпахивания они были охвачены современ сельскохозяйственного освоения земель водораздельных массивов.

Поэтому лугово-черноземные почвы, как и черноземы, подвержены такими деградационными процессами, как: дегумификация; преобладание минерализации органических веществ; утрата ценной структуры и уплотнение почв.

2.2.4. Луговые почвы

Образуются в результате дерновых и глеевых процессов. Для них характерно чередование олуговения, остепнения и заболачивания. Высокое залегание грунтовых вод или частое поверхностное затопление обеспечивают насыщенность корнеобитаемой толщи влагой. Однако переувлажнение непостоянно и сменяется условиями для развития луговой растительности (луговые злаки, осоки, мезофильное разнотравье и др.). В результате разного соотношения увлажнения по сезонам и годам луговые почвы имеют промывной и периодически выпотной режимы почвенной влаги, что влечет неустойчивость солевого профиля и свойств. И все же типичны переувлажненность и развитие глеевого процесса. Слабая изученность почв данного типа в области обусловила отсутствие подтипов и родовых подразделений.

2.2.5. Аллювиально-луговые почвы с погребенным гумусовым горизонтом

Характеризуются регулярным затоплением паводковыми водами и отложением аллювия. Периодическое затопление паводками и близость грунтовых вод обуславливают особенности водного режима и генезиса, что отражается в специфике их строения. На глубине 50–70 см оказалась погребенная черноземовидная луговая почва. На молодом слоистом аллювии сформировались новые почвы аллювиально-луговые. Погребенные черноземовидные луговые почвы хорошо оструктурены, с большой мощностью, с оглеением в нижней части погребенной почвы. Погребенные почвы гораздо больше содержат гумуса – 3,24 %, по сравнению с поверхностными аллювиально-луговыми почвами – 2,61 %. Кроме морфологических отличий и содержания гумуса погребенные почвы выделяются высоким коэффициентом структурности и водопрочности по сравнению с современными почвами.

При оценке современного естественного плодородия пойменных почв как с точки зрения сельскохозяйственного использования, так и расчета кадастровой стоимости, процесс погребения считается деградиционным. Поэтому все полигенетические почвы пойменных террас оцениваются как деградированные.

2.2.6. Засоленные почвы

Засоленными называются почвы, содержащие в своем профиле соли в токсических для сельскохозяйственных растений количествах. Они широко распространены в степной зоне и далее на юге. В области они встречаются среди типичных черноземов и приурочены к участкам с близкими грунтовыми водами, т. е. в зоне подтопления. По степени

вредности для большинства сельскохозяйственных растений соли располагаются по убывающему ряду: Na_2CO_3 – NaHCO_3 – NaCl – NaNO_3 – Na_2SO_4 – MgCl_2 – MgCO_4 .

Классификация засоленных почв. Засоленные почвы различаются по глубине залегания солевого горизонта химизму засоления и степени засоления. По глубине залегания солевого горизонта, засоленные почвы разделяются на солончаковые – соли в слое 0–30 см; солончаковатые – 80 см; глубокосолончаковые – 80–150 см; глубокосолончаковатые – более 150 см.

Разнообразие солей послужило основой деления почв по химизму засоления. Химизм (тип) засоления является базой классификации почв по степени засоления.

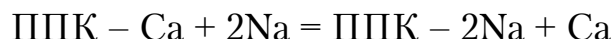
Использование земельного фонда засоленных почв. Ландшафтное разнообразие засоленных почв и солончаков определяют неодинаковые возможности их земельного использования. Солончаки не пригодны для сельскохозяйственных целей. Засоленные почвы могут быть пастбищами и сенокосами; пашней они могут быть только после промывки. Лучше проводить промывку в осенний период. Для предотвращения подъема грунтовых вод необходим отвод промывных вод с орошаемой территории. Для понижения уровня грунтовых вод применяют дренаж. Повышение плодородия промывных от солей почв достигается внесением органических и минеральных удобрений, улучшением структуры, усилением биологической активности почв. Для этих целей в первый период освоения засоленных участков следует высевать солеустойчивые культуры. Хорошими освоителями засоленных почв во время мелиоративных работ является люцерна, ячмень, просо, пшеница.

2.2.7. Солонцы

Распространены солонцы в южной части в области, в основном в подзоне типичных черноземов. Это участки палеогидроморфного почвообразования, на надпойменных террасах в настоящее время представляющие остаточные образования с признаками рассолонцевания. Реже солонцы приурочены к выходам засоленных глин.

Солонцами называются почвы, содержащие в коллоидах иллювиального горизонта обменного натрия в количестве более 15 % от емкости катионного обмена. Почвы с количеством обменного натрия менее 15 % относят к солонцеватым. Солонцеватые почвы выделяются в классы как роды черноземов и других типов почв. Обменный натрий встречается почти во всех почвах, но его количество не превышает 3 %.

Солонцовый процесс связан с внедрением в почвенный поглощающий комплекс обменных ионов натрия:



При этом происходит подщелачивание среды до рН около 9 в связи с появлением в почвенном растворе среды: $\text{ППК} - \text{Na} + \text{H}_2\text{O} = \text{ППК} - \text{H} + \text{NaOH}$. Обменный натрий определяет многие химические коллоидные, физические и водно-физические свойства почв, которые называют свойствами солонцеватости.

2.2.8. Солоди

Солоди – интразональные почвы, распространенные в лесостепной и степной зонах. Эти почвы повсеместно приурочены к замкнутым депрессиям рельефа (западины).

Процессы почвообразования, формирующие солоди, следующие: осолодение; элювиально-иллювиальная дифференциация профиля почвы; дерновый процесс с фульватным почвообразованием; выщелачивание легкорастворимых солей и карбонатов.

Осолодение происходит в условиях степных депрессий при обилии слабоминерализованных вод поверхностного стока. При этом происходит разрушение минеральной части почвы в условиях слабовыщелочной реакции растворов, поэтому и распад минералов определяется как щелочной гидролиз. Осолодение также происходит и в результате других процессов почвообразования, отмеченных выше.

Классификация солодей. Разделение солодей зависит от условий образования.

Солоди лесные развиваются под березовыми лесами или в понижении типа тальвегов и лиманов с хорошо развитым травянистым покровом. Профиль сильно напоминает строение подзолистых почв, и имеет систему генетических горизонтов:



Согласно субстративно-генетической классификации типология солодей усложнилась до 10 единиц, каждая из которых имеет ряд подтипов.

2.3. Пески и песчаные почвы

Пески и песчаные почвы встречаются во всех областях России, в том числе и в Пензенской области. Пески – геологические образования, сформировавшиеся при выветривании горных пород и переотло-

жения продуктов выветривания под влиянием преимущественно воды и ветра. По происхождению пески подразделяются на элювиальные, делювиальные, морские, озерные, аллювиальные (современные и древние), флювиогляциальные и эоловые.

Пески, лишенные растительности (развеваемые), представляют собой скопления рыхлых песчаных масс с весьма сложной поверхностью, состоящей из бугров, понижений, небольших барханов, котловин выдувания. Процесс почвообразования на них постоянно прерывается эоловыми накоплениями до 200 мм; гумусовый горизонт в них отсутствует (В.Ф. Вальков и др., 2012 г.). Почвообразование на песках во всех природных зонах России имеет свои оригинальные особенности, которые можно обобщить следующим образом:

1. На песках не образуются зональные типы почв. Нет черноземов, каштановых почв, красноземов. Всегда на песках формируются оригинальные интразональные почвы.

2. Песчаные почвы, как и все интразональные образования, в каждой природной зоне имеют свои, только им присущие черты.

3. Все песчаные почвы отличает промывной водный режим, при любой аридизации ландшафтов соленакопления в них не происходит. В тоже время в водном режиме песчаных почв значительно участие парообразной воды. Пески способны аккумулировать пресную воду.

4. Песчаным почвам всегда присуща своя зональная псаммофитная растительность. Однако космополитизмом отличается сосна: на песках она встречается от субполярных до тропических областей.

На песчаных почвах голоценового возраста, приуроченных к пойменным террасам рек Пензенской области, формируются преимущественно почвы береговых лесов, в основном лессивированные. В неолитическое время большинство песчаных дюн было заселено древними людьми, занимающимися рыболовством и охотой. Большие массивы современных песчаных почв закреплены лесной растительностью сосновых пород.

В зависимости от климатических, зональных и других природных условий (уровня грунтовых вод, подстилающих пород, рельефа территории) песчаные массивы могут быть использованы для различных целей: выращивания лесных культур, организации выгона пастбищных угодий, сенокосов, бахчеводства, виноградарства и т.д.

3. МЕЛИОРАТИВНАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ОБЛАСТИ

Мелиорация (от лат. *Melioration* – улучшение), совокупность организационно-хозяйственных и технических мероприятий, направленных на коренное улучшение земель. Мелиорация дает возможность изменять комплекс природных условий (почвенных, гидрологических и др.) обширных регионов в нужном для хозяйственной деятельности человека направлении: создавать благоприятные для полезной флоры и фауны водный, воздушный, тепловой и пищевой режимы почвы и режимы влажности, температуры и движения воздуха в приземном слое атмосферы; способствует оздоровлению местности и улучшению природной среды. Наибольшее значение мелиорация имеет для сельского хозяйства, придавая большую устойчивость этой отрасли народного хозяйства и обеспечивая более стабильные валовые сборы сельскохозяйственных культур; позволяет производительнее использовать земельный фонд. Мелиорация – важный фактор интенсификации сельскохозяйственного производства (с урожайностью, совместно с механизацией и химизацией) и научно-технического прогресса в сельском хозяйстве, открывающий широкие возможности для повышения урожайности, создания прочной кормовой базы животноводства, освоения пустынных и заболоченных земель. Технический уровень мелиорации определяется характером производственных отношений, уровнем развития производственных сил страны, а также зональными условиями отдельных территорий и хозяйственными задачами.

Различают следующие виды мелиорации: сельскохозяйственные (обеспечивают повышение продуктивности сельскохозяйственных угодий и их расширение за счет освоения болот, заболоченных земель, сухих степей и пустынь), лесные (улучшение условий для роста деревьев и использование лесов), санитарные (борьба с малярией, оздоровление территорий), зоомелиорация и др. Основной же всех видов мелиорации является гидротехническая, или гидромелиорация. Она направлена на регулирование водного режима почв с помощью осушения, орошения и обводнения.

Поэтому различают оросительную, осушительную и обводнительную мелиорации.

Орошение – это искусственное увлажнение почвы для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Для подачи воды на поля строят оросительные системы.

Виды орошения земель. Орошение делят на увлажнительное, удобрительное и специальное.

Увлажнительное орошение создает в почве нужный водный и воздушный режимы. Разделяют регулярное и однократное увлажнительное орошение. При регулярно действующем орошении почва увлажняется в нужные сроки и в требуемом количестве в течение всего вегетационного периода. При поступлении воды в оросительную сеть из источника орошения самотеком орошение называется самотечным; при машинном подъеме воды из источника орошения в оросительную сеть (наносами и др.) – машинным. При однократно действующем орошении почва увлажняется только раз в год путем затопления площади. Если затопление проводится ранней весной водой весеннего стока, то такое орошение называют лиманным, а если используют воду из каналов в период паводка в реке – подмывным. Удобрительное орошение применяют для внесения удобрения в почву с помощью воды, которая, являясь растворителем удобрений, транспортирует их в увлажняемый слой почвы.

К специальным видам орошения относят почвоочищающее, отоплительное и др. Почвоочищающее орошение применяют для удаления из почвы избытка вредных солей, для истребления вредителей сельскохозяйственных растений, например мышей, личинок майского жука и филлоксеры, путем затопления водой очищаемой почвы.

Отеплительное орошение применяют для согревания почвы, поливая ее водой, более теплой, чем сама почва, что позволяет удлинить вегетационный период. К этому виду также относится противозаморозковое дождевание.

Способы полива сельскохозяйственных культур. В зависимости от характера введения воды в почву выделяют пять способов полива.

Поверхностное орошение, при котором вода распределяется на поверхности почвы путем напуска ее в поливные борозды, полосы или чеки.

Дождевание, при котором вода выбрасывается аппаратами в воздух, дробится на капли и падает на землю в виде искусственного дождя, увлажняющего приземный слой воздуха, растения и почву.

Внутрипочвенное (подпочвенное) орошение осуществляют по трубам-увлажнителям, уложенным в почве на глубине 0,4...0,6 м. При этом пахотный горизонт увлажняется водой при движении ее по капиллярам, а поверхность почвы практически не смывается. Этот способ орошения применяют ограниченно.

Капельное орошение непрерывно снабжает растения водой по густо разветвленным трубопроводам через капельницы малыми расходами непосредственно в корнеобитаемую зону.

Аэрозольные (мелкодисперсное) орошение – увлажняется не почва, а воздушная среда и растения очень мелкими каплями. Этот способ орошения применяется для снижения температуры воздуха, растений и повышения относительной влажности воздуха, что повышает фотосинтез растений в жаркое время.

Влияние орошения на почву. Орошение влияет на микроклимат, физические, химические, биохимические и биологические процессы, происходящие в почве.

В результате орошения изменяется влажность, температура, теплоемкость, гранулометрический состав, пористость, структура, водопроницаемость и водоудерживающая способность, сила сцепления почвенных частиц, содержание и распределение по горизонтам в почве химических элементов и соединений, уровень грунтовых вод и их минерализация.

Влажная почва днем поглощает тепла больше, чем сухая. А ночью излучает меньше тепла вследствие увлажнения приземного слоя воздуха. Поступление в почву вместе с поливной водой азота, калия, фосфорной кислоты пополняет запасы питательных веществ. В то же время оросительная вода является хорошим растворителем химических соединений, содержащихся в почве.

Орошение положительно влияет на микробиологические процессы, протекающие в почве. Оно замедляет минерализацию растительных остатков, способствует накоплению гумуса и активизирует процесс нитрификации. Орошение создает также благоприятные условия для жизни и размножения дождевых червей, которые способствуют образованию структуры почвы.

Влияние орошения на микроклимат и растения. В холодную погоду с помощью орошения согревают почву и воздух, что позволяет обезвредить действие заморозков до $-3,5^{\circ}\text{C}$.

В течение 7–10 суток после полива разница температуры воздуха, почвы и относительной влажности воздуха сглаживается. Корневая система во влажной почве быстро растет и бесперебойно обеспечивает растения водой и питанием в требуемом количестве.

3.1. Охрана почв

Устойчивое развитие сельскохозяйственных территорий в условиях экологического оптимума является основой стабильности общества. Почвенный покров как база, фундамент всех ландшафтов и природных зон становится объектом пристального анализа не только как основное средство сельскохозяйственного производства, но и как экологическая

основа всей жизни планеты. Пристально изучаются и анализируются антропогенные факторы деградации земель. В России, например, из общей площади 210 млн га сельскохозяйственных угодий экологическое неблагополучие почв складывается следующим образом: водная эрозия – 38, ветровая эрозия – 12, подкисление среды – 13, засоление – 15, переувлажнение и заболачивание – 26 млн га. Кроме этого, наблюдаются дегумификация почв, машинная деградация, загрязнение земель тяжелыми металлами, пестицидами, радионуклидами, нитратами, патогенной микрофлорой, нарушение земель при строительстве – и все это ведет, как считают многие футурологи, к общему техногенному опустыниванию планеты.

Чтобы избежать этого, разрабатываются действенные меры защиты, вплоть до парадоксальных на первый взгляд законодательных актов в ряде стран, ограничивающих темпы прироста сельскохозяйственной продукции. Небывало высокие валовые сборы зерна в России в 2002–2003 гг. отнюдь не способствовали процветанию экономики сельского хозяйства.

В то же время перспективы роста продуктивности земледелия огромны. Коэффициент использования солнечной энергии зелеными растениями составляет 0,1–0,5 %. Физиологи же полагают, что степень использования солнечной радиации может быть увеличена до 4–5 %.

Следует признать, что важнейшая геополитическая инфраструктура государства – агропромышленный комплекс России – нуждается сейчас в ускорении темпов роста и повышения эффективности сельскохозяйственного производства на основе научно-технического прогресса. В первую очередь, ценовая политика на сельхозпродукцию не соответствует стоимости промышленной и энергетической составляющих агропромышленного комплекса. Как результат – крайне низкий уровень доходности и рентабельности растениеводства и животноводства, низкий уровень зарплаты на селе. Не решены проблемы защиты сельскохозяйственного производителя от поставок импортной продукции в Россию.

Для кардинального решения проблем улучшения экологического состояния земель, их использования и охраны предстоит, создав экономические механизмы природопользования, перевести земледелие на экологическую основу.

При этом к наиболее крупным разработкам следует отнести следующие:

- разработка новых методов землеустройства, учитывающих особенности природных ландшафтов и многоукладного сельского хозяйства;

- повышение плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных угодий как важнейшего компонента агроландшафта;
- углубление взаимосвязи всех систем организации и ведения сельского хозяйства и других отраслей агропромышленного комплекса;
- разработка научно-методических основ ведения мониторинга земель;
- создание системы ведения мониторинга земель;
- создание условий для производства экологически чистой сельскохозяйственной продукции, отвечающей санитарно-гигиеническим нормам;
- составление прогнозов состояния, использования и охраны земель.

Все это обеспечит систематический контроль воздействия различных негативных факторов на земельные ресурсы, позволит повышать плодородие почв, разрабатывать и реализовывать эффективные мероприятия по устранению деградации почв и загрязнения земель, главная цель которых – не допустить дальнейшего снижения плодородия почв, реализовать ряд приоритетных направлений:

- защита почв от ветровой и водной эрозии;
- рациональное сочетание севооборотов, систем обработки почвы и лесомелиоративных работ;
- внедрение в практику земледелия почво- и влагосберегающих технологий;
- сохранение содержания гумуса в почвах путем использования органических удобрений, торфа, соломы, сидератов многолетних бобовых трав;
- стабилизация уровня питательных веществ в почвах за счет внесения минеральных удобрений;
- снижение кислотности и щелочности почв;
- коренное улучшение природных кормовых угодий;
- рекультивация нарушенных земель;
- осуществление мер по профилактике загрязнения почв радиоактивными веществами, тяжелыми металлами и другими продуктами техногенеза;
- консервация деградированных сельскохозяйственных угодий и загрязненных земель и др.

В целях ликвидации создавшихся негативных явлений необходимо прежде всего создать механизмы стимулирования сохранения и повышения плодородия почв с компенсацией государством затрат на эти мероприятия за счет земельного налога и арендной платы за землю.

3.2. Классификация деградационных процессов

В результате хозяйственной деятельности почва часто теряет свое плодородие, деградирует или даже полностью разрушается. Это происходит, когда деятельностью человека является нерациональной, экологически необоснованной. Для предотвращения негативных экологических последствий воздействия человека на почву необходимо самое пристальное внимание уделять вопросам рационального использования и охраны почв.

Охрана и рациональное использование почв – это система мероприятий, направленных на защиту, улучшение и рациональное использование земель, увеличение плодородия почв и поддержание устойчивости биосферы в целом.

Деградация (постепенное ухудшение качества почвы в результате ухудшения структуры, химических свойств и утраты плодородия) и полное разрушение почвы могут происходить как в результате природных явлений (природное изменение условий почвообразования, извержение вулканов, ураганов), так и в результате хозяйственной деятельности человека.

Явления деградации и полного разрушения почвы можно разделить на несколько основных групп :

1. Нарушение биоэнергетического режима почв и экосистем:

- деvegetация (потеря почвами растительного покрова, ведущая к омертвлению почв);
- дегумификация почв (потеря почвами гумуса);
- почвоутомление и истощение почв (процессы, происходящие в почвах в результате длительного возделывания одного вида сельскохозяйственных культур).

2. Патологическое состояние почвенных горизонтов и профиля почв:

- отчуждение и выключение почв из действующих экосистем (промышленная эрозия почв), отчуждение почв городами, поселками, дорогами, линиями электропередач и связи, трубопроводами, карьерами, водохранилищами, свалками и т.д.;
- водная и воздушная эрозия (дефляция) почв (разрушение верхних слоев почвы под действием воды и ветра);
- образование бесструктурных кор и переуплотненных горизонтов (потеря почвой структуры или ее переуплотнение при обработке полей тяжелой техникой, при влажности, превышающей «физическую спелость» почв, при вторичном осолонцевании черноземных почв, при образовании подпахотного уплотненного горизонта на старых пашнях).

3. Нарушение водного и химического режима почв:

- сухость и опустынивания почв (результат как общеземного послеледникового процесса опустынивания, так и непродуманной хозяйственной деятельности человека);
- селевые разливы и оползни (результат сведения растительности в горных районах);
- вторичное засоление почв (результат неправильного орошения минерализованными или пресными водами);
- природная вторичная кислотность почв (кислотность почв ниже оптимальной реакции почв, которая для многих сельскохозяйственных растений находится в интервале $pH=5,5\div 8$; вторичная кислотность возникает в результате выбросов в атмосферу соединений кислот промышленного, транспортного и другого происхождения);
- переосушение почв (результат неправильно проводимых осушительных мелиораций).

4. Затопление, разрушение и засоление почв водами водохранилищ. Создание водохранилищ сопровождается развитием комплекса негативных процессов, приводящих к деградации почвенного покрова: затопление пойменных и надпойменных террас, подъем уровня грунтовых вод подтопление почв, абразия берегов и засоление дельт, размыв и уничтожение почв приморских дельт. Загрязнение и содовое (щелочное) засоление вод и почв и др.

5. Загрязнение и химическое отравление почв:

- промышленное загрязнение почв (результат осаждения паров, аэрозолей, пыли или растворенных соединений поллютантов на поверхности почвы с атмосферными осадками);
- сельскохозяйственное загрязнение почв (результат неправильного применения пестицидов, внесение сверх нормальных доз минеральных и органических удобрений, отходов и стоков животноводческих ферм);
- радиоактивное загрязнение почв, природное или антропогенное накопление в почве радионуклидов в результате ядерных взрывов, аварийных выбросов на атомных предприятиях, утечки радиоактивных материалов, захоронения отходов атомной промышленности).

6. Деградация ландшафтов районов с распространением многолетней мерзлоты. Эти территории отличаются крайней неустойчивостью к воздействию антропогенных факторов. Неупорядоченное движение транспорта, перевыпас и другие процессы приводят к нарушению растительного покрова, что обуславливает протаивание грунтов, развитие эрозионных процессов, разрушение почвенного покрова.

3.3. Водная и ветровая эрозия почв

Понятие об эрозии. Эрозия почв – процесс разрушения почвенного покрова. Эрозия почв включает в себя вынос, перенос и переотложение почвенной массы. В зависимости от фактора разрушения эрозию делят на водную и ветровую (дефляция).

Водная эрозия – процесс разрушения почвенного покрова под действием талых, дождевых или ирригационных вод.

По характеру воздействия на почву водную эрозию делят на плоскостную и линейную.

Плоскостная (поверхностная) эрозия – смыв верхнего горизонта почвы под влиянием стекающих по склону дождевых или талых вод. Механизм поверхностной эрозии связан с разрушающей ударной силой дождевых капель и с воздействием поверхностного стока дождевых и талых вод.

Линейная (овражная) эрозия – размыв почв в глубину более мощной струей воды, стекающей по склону. На первой стадии линейной эрозии образуются глубокие струйчатые размывы (до 20–35 см) и промоины (глубиной от 0,3–0,5 до 1–1,5 м). Дальнейшее их развитие приводит к образованию оврагов. Линейная эрозия приводит к полному уничтожению почвы.

В горных районах наряду с развитием обычных форм водной эрозии могут возникать селевые потоки (сели). Они образуются после бурного снеготаяния или интенсивных дождей, движутся с большой скоростью и увлекают огромное количество материала в виде мелкозема, гальки и крупных камней. Борьба с ними требует строительства специальных противоселевых сооружений.

По темпам развития различают геологическую (нормальную) и ускоренную эрозию.

Геологическая (нормальная) эрозия – медленный процесс смыва частичек с поверхности почвы, при котором потеря почвы компенсируется в ходе почвообразования. Этот вид эрозии протекает повсеместно, практически не приносит вреда, и охраны почв не требует.

Ускоренная эрозия возникает при удалении естественной растительности, неправильном использовании почвы, в результате чего темп эрозии резко возрастает. Этот вид эрозии приводит к снижению почвенного плодородия, а иногда и к полному уничтожению почвенного покрова и требует защиты почв.

Ветровая эрозия (дефляция) – процесс разрушения почвенного покрова под действием ветра. В зависимости от размера частиц они могут переноситься ветром во взвешенном состоянии, скачкообразно и

скольжением по поверхности. Различают пыльные (черные) бури и повседневную (местную) дефляцию.

Районы распространения эрозии. Водная эрозия наиболее распространена в зонах серых лесных и черноземной почвах.

Ветровая эрозия распространена преимущественно в районах недостаточного увлажнения и низкой относительной влажности воздуха: в районах неустойчивого увлажнения, в засушливых областях, в пустынях и полупустынях.

Экологические последствия эрозии. В результате эрозии происходит снижение плодородия почв (при поверхностной водной эрозии и дефляции) или полное уничтожение почвенного покрова (при линейной водной эрозии). Снижение плодородия связано с постепенным удалением наиболее плодородного верхнего слоя и вовлечением в пахотный горизонт менее плодородных нижних горизонтов. Степень снижения плодородия зависит от степени смывости и дефляции.

В результате эрозии ухудшаются физические, химические и биологические свойства почвы. Снижаются содержание и запас гумуса, часто ухудшается и его качественный состав, снижаются запасы элементов питания (азота, фосфора, калия и др.) и содержание их подвижных форм. Ухудшаются структурное состояние и сложение, уменьшается пористость и увеличивается плотность, что приводит к снижению водопроницаемости, увеличению поверхностного стока, снижению влагоемкости и запасов доступной для растений влаги. Потеря верхнего наиболее гумусированного и оструктуренного слоя ведет к снижению биологической активности почв: уменьшается численность микроорганизмов и мезофауны, снижается микробиологическая и ферментативная активность почв.

Кроме того, водная эрозия сопровождается рядом других неблагоприятных явлений: потерей талых и дождевых вод, уменьшением запасов воды в почве, расчленением полей, заилением рек, оросительных и дренажных систем, других водоемов, нарушением дорожной сети и т.д.

В конечном счете, ухудшение плодородия эродированных почв приводит к снижению урожая сельскохозяйственных растений.

Условия развития эрозии. Различают природные и социально-экономические условия развития эрозии. В первом случае сами природные условия предрасположены к проявлению эрозионных процессов. Во втором случае развитию эрозии способствует неправильное использование земель человеком. К природным условиям относятся климат (количество, интенсивность и величина капель дождевых осадков; мощность снегового покрова и интенсивность его таяния), рельеф (крутизна, длина, форма и экспозиция склона), геологическое строение

местности (характер горных пород – их податливость к размыву, смыву и дефляции, наличие плотных подстилающих пород), почвенные условия (гранулометрический состав, структурность, плотность и влажность верхнего горизонта) и растительного покрова, наличие дернины и подстилки).

Классификация и диагностика эродированных почв. При диагностике эродированных почв учитывают, какие горизонты почвы снесены при развитии водной или ветровой эрозии, за счет каких горизонтов образуется пахотный слой, и каково его плодородие.

Почвы, подверженные водной эрозии, разделяются на слабо-, средне- и сильносмываемые. Ниже приводится диагностика почв разной степени смываемости для основных типов почв.

- Серые и темно-серые лесные почвы с установившейся глубиной их вспашки не менее 20–25 см при первоначальной мощности гумусовых горизонтов ($A_1 + A_1A_2$) 30–40 см:

- слабосмываемые – гумусовые горизонты смыты не более чем на 1/3 первоначальной мощности, горизонт A_2B в пашню не вовлекается совсем или вовлекается очень слабо, на поверхности пашни мелкие промоины;

- среднесмываемые – гумусовый слой смыт более чем на 1/3, в пашню вовлекается верхняя часть горизонта B_1 , пахотный слой отличается буроватым оттенком;

- сильносмываемые – гумусовый слой смыт полностью, пахотный слой представлен в основном горизонтом B и имеет бурый цвет.

- Черноземные почвы:

А. Черноземы мощные и среднемощные всех подтипов с установившейся глубиной вспашки не менее 22 см при первоначальной мощности гумусовых горизонтов ($A + B_1$) более 50 см:

- слабосмываемые – горизонт A смыт на 30 %, пахотный слой не отличается по цвету от несмытых почв; на поверхности почвы мелкие промоины;

- среднесмываемые – горизонт A смыт более чем наполовину; пахотный слой имеет буроватый оттенок;

- сильносмываемые – смыт полностью горизонт A и частично B_1 ; пахотный слой имеет буроватый или бурый цвет, характеризуется глыбистостью и склонностью к образованию корки.

Б. Типичные, обыкновенные и южные черноземы с установившейся глубиной вспашки не менее 20 см при мощности гумусовых горизонтов до 50 см:

– слабосмытые – смыто до 30 % первоначальной мощности гумусовых горизонтов; в пашню вовлекается небольшая верхняя часть горизонтов B_2 ;

– среднесмытые – гумусовые горизонты смыты на 30–50 %, при вспашке значительная часть горизонта B_1 или весь он вовлекается в пахотный слой, последний подстилается переходным горизонтом B_2 ;

– сильносмытые – смыта большая часть гумусовых горизонтов, распахивается и часть горизонта B_2 , окраска пашни близка к цвету породы.

Мероприятия по защите почв от водной эрозии. Водная и ветровая эрозии в природе часто взаимосвязаны. Это учитывают при разработке противоэрозионных мероприятий. Защита почв от эрозии включает профилактические мероприятия по предупреждению ее развития и мероприятия по устранению эрозии там, где она уже развита.

Комплекс мероприятий, направленных на защиту почв от водной и ветровой эрозий, включает организационно-хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные и гидротехнические мероприятия.

Организационно-хозяйственные мероприятия – обоснование и составление плана противоэрозионных мероприятий и обеспечение его выполнения (рациональное распределение земельных угодий, почвозащитные севообороты, земледелие полосами, регулирование выпаса скота и др.).

Агротехнические мероприятия включают приемы фитомелиорации (севообороты с многолетними травами, замена чистых паров на занятые, сидеральные и кулисные), противоэрозионную обработку почвы (обработка почв по горизонтали, «контурное» земледелие, щелевание и кротование почв, обвалование, безотвальная вспашка с сохранением стерни и пожнивных остатков), снегозадержание и регулирование снеготаяния (лесные полосы и кулисы, пахота снега, прикатывание).

Лесомелиоративные мероприятия основаны на создании лесных защитных насаждений (ветрозащитные и приовражные лесные полосы, полезащитные лесные и кустарниковые полосы поперек склонов и т.д.).

Гидротехнические мероприятия применяют в тех случаях, когда другие приемы не в состоянии предотвратить эрозию, и основаны на создании гидротехнических сооружений, обеспечивающих задержание или регулирование склонового стока (террасирование склонов, выполняживание оврагов бульдозерами, закрепление склонов оврагов).

Система почвозащитных мероприятий должна осуществляться с учетом зональных особенностей земледелия и природных условий проявления эрозии. Конкретный состав противоэрозионных меро-

приятый определяется прежде всего особенностями увлажнения территории, продолжительностью вегетационного периода, условиями рельефа, преобладающими видами эрозии и направлением использования почв.

3.4. Промышленная эрозия почв и рекультивация

В современных условиях интенсивность преобразующего воздействия общественного производства на природные ландшафты достигла такого уровня, при котором негативные последствия оказывают существенное влияние на природные процессы и среду обитания человека. Непрерывное развитие промышленного производства приводит к разрушению почвенного покрова. Его вызывают различные виды деятельности человека.

Добыча полезных ископаемых открытым способом сопровождается образованием карьеров, отвалов, терриконов, которые нарушают растительный и почвенный покровы, гидрологический и гидрохимический режимы территории. Для сохранения почвенного покрова в этом случае рекомендована селективная выемка и складирование гумусированных горизонтов почв для последующего восстановления нарушенных территорий.

Подземная добыча полезных ископаемых со временем приводит к развитию просадочных явлений, изменению рельефа и гидрологического режима территории.

Добыча нефти ведет к загрязнению почвы сырой нефтью, нефтяными водами, пластовыми водами.

Промышленное и гражданское строительство, сооружение линий электропередач, дорожное строительство сопровождаются полным разрушением почвенного покрова и бессрочным изъятием земель из сельскохозяйственного производства.

На большей части изымаемых земель происходит разрушение или омертвление почвенного покрова, что в конечном итоге приводит к сдвигу экологической ситуации в негативном направлении. Техногенные ландшафты, образующиеся на месте нарушенных земель, как правило, не обладают способностью к самовосстановлению. Если же эта способность сохранена, то на восстановление естественным путем необходимы десятки или сотни лет. В связи с этим встала проблема их восстановления.

Рекультивация ландшафтов (лат. rekultivo, где re – приставка, означающая повторность, возобновление; cultivo – обрабатываю, возделываю) – комплекс организационных, инженерно-технических и био-

логических мероприятий, направленных на восстановление хозяйственной (производственной), медико-биологической и эстетической ценности нарушенных ландшафтов. Полное восстановление нарушенного естественного покрова искусственным путем невозможно в принципе, так как почва относится к невозпроизводимым природным образованиям. Поскольку отчуждение земель и нарушение почвенного покрова обусловлены производственной необходимостью, то полностью остановить этот процесс также невозможно, но можно регулировать и сводить к минимуму негативные последствия путем восстановления ландшафтной обстановки, подобной прежней. При этом ставится задача – создать оптимальный для конкретной территории ландшафт, который будет успешно выполнять ресурсовоспроизводящие, средовоспроизводящие и природоохранные функции.

Разработка методов рекультивации земель невозможна без знания динамики экологических условий в процессе техногенного воздействия, без прогнозирования их изменений в будущем.

В России в настоящее время предложено несколько технологий рекультивации, направленных не только на восстановление сельскохозяйственных угодий и элементов природы, но и на поддержание почвенных экологических функций. Применяются в основном два способа рекультивации. Первый способ – проведение многолетних фитомелиораций с внесением органических добавок и минеральных удобрений. Второй способ – нанесение на потенциально плодородные грунты плодородного слоя почвы с последующими фитомелиорациями, внесением органических и минеральных удобрений. Их выбирают на основе комплексного учета следующих факторов: природные условия района разработок (климат, геологическое строение, растительность, почвы); состояние техногенных земель к моменту рекультивации (характер техногенного рельефа, степень естественного зарастания и др.); минералогический состав; водно-физические, физико-химические и агрохимические свойства вскрышных пород и их классификация по пригодности для биологической рекультивации; инженерно-геологические и гидрологические условия, хозяйственные, социально-экономические и санитарно-геологические условия; срок службы рекультивационных земель (возможность повторности нарушений и их периодичность); технология и механизация горных строительно-монтажных работ.

Рекультивация земель осуществляется обычно в несколько этапов. Первый – подготовительный. Он включает в себя обследование и типизацию нарушенных земель, изучение специфики их природных условий (геологического строения, состава пород, пригодности их к биологической рекультивации и другим видам использования, прогноз

динамики гидрогеологических условий), определение направлений рекультивации и целевого использования рекультивируемых земель, установление требований к последующим этапам рекультивации; составление технико-экономического обоснования и рабочих проектов и планов.

Второй этап – горнотехнический. Он включает мероприятия, направленные на подготовку территории к дальнейшему использованию. Сюда входит планировка поверхности, формирование плодородного слоя почвы на спланированную поверхность, прокладывание необходимых дорог, каналов, коллекторно-дренажной сети, создание ложа водоема и т.д. Конечная стадия этого этапа – укладка на выровненную поверхность плодородного слоя почвы мощностью 0,3-0,5 м для сельскохозяйственного и лесохозяйственного использования.

Третий этап – биологический – это комплекс мероприятий по восстановлению плодородия нарушенных земель. К нему относятся комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на возобновление флоры и фауны, целевое использование рекультивируемой территории. Главными культурами-освоителями являются бобовые и злаковые травы. Вместе с ними для устранения процессов восстановления биологической активности часто вносятся биологически активные органические препараты.

Общая продолжительность периода, в течение которого осуществляется весь комплекс рекультивационных работ, составляет десять лет и более. В Российской Федерации различают следующие основные направления рекультивации техногенных ландшафтов в зависимости от последующего целевого направления использования:

1. Сельскохозяйственное – создание на нарушенных землях пашни, садов, лугов и пастбищ.

2. Лесохозяйственное – создание лесонасаждений целевого назначения (почвозащитных, водоохраных и т.д.), эксплуатационного назначения, лесопарков для рекреационного использования.

3. Профилактическое (озеленительное и санитарно-гигиеническое) – озеленение и консервация отвалов, загрязняющих окружающую среду, озеленение промышленных площадок и т.д.

4. Создание водоемов различного назначения (водорегулирующих бассейнов, водохранилищ, спортивных бассейнов, прудов для разведения рыбы, дичи и т.д.).

5. Жилищное и капитальное строительство на нарушенных территориях.

Все указанные направления взаимосвязаны и чаще всего осуществляются одновременно в процессе оптимизации нарушенных ландшафтов.

3.5. Машинная деградация почв

В последнее время в технической литературе появился термин «машинная деградация почвы» (МДП). Так назван комплекс вредных последствий массивного воздействия на почву ходовых систем машин и рабочих органов почвообразующих орудий. Сюда входят переуплотнение почвы и истребление почвенных микроорганизмов, нарушение структуры, снос перемолотой земли водой и ветром. Только из-за переуплотнения урожай зерновых снижается на 20 %, бесполезно расходуется до 40 % минеральных удобрений и 18 % органических.

Сейчас в России из 132 млн га пашни на 87 млн полностью разрушена структура пахотного горизонта. На каждом гектаре пашни ежегодно – в течение сезона землю пашут, боронят, лущат, культивируют т.д. Враг поля – резиновое колесо. За сезон трактор «Беларусь» образует на гектаре 12–14 т пыли. Плодородный слой перетирается колесами, уносится ветрами. Оставшаяся часть под давлением техники настолько уплотняется, что порой не поддается обработке плугом. Тяжелые колесные тракторы создают в 3–4 раза больше пыли, чем гусеничные.

Исследованием целинных и залежных земель установлено, что в них содержится водопрочных агрегатов 70–80 %, т.е. их структурное состояние отличное (табл. 2). На старопахотных участках количество водопрочных агрегатов уменьшается до 5–10 %, поэтому здесь структурное состояние почв крайне неудовлетворительное.

Таблица 2

Влияние распашки на содержание в составе почвы водопроницаемых агрегатов чернозема

Образец почвы, см	Водопрочные агрегаты, %
50-летняя залежь	
0–10	78
10–20	73
Старопахотный участок рядом с залежью	
0–10	6,0
10–20	6,5

Особенно большой и часто непоправимый вред почве приносит применение на пашне тяжелых сельскохозяйственных орудий. Трактор К-701 весит 12,5 т (трактор МТЗ-82 весил всего 3,4 т), комбайн «Дон-1500» – 13,4 т. Они давят на почву с силой 2,6 кг/см².

Интенсивное применение тяжелой техники приводит не только к разрушению структуры пахотного слоя, но и к уплотнению глубоких горизонтов почвы, а возникшая на глубине 50–70 см повышенная

плотность не восстанавливается до оптимальных величин. Таким образом, наиболее опасным эффектом МДП является повышенное уплотнение корнеобитаемого слоя. Это явление тем более пагубно, что оно проявляется незаметно для земледельца и имеет тенденцию прогрессирующего нарастания.

Роль плотности в становлении свойств почвы и жизни растений многогранна. Она оказывает значительное влияние на накопление воды и пищи, а также на соотношение воды и воздуха в почве. На плотных почвах резко ухудшаются водный режим и газообмен, снижается биологическая активность.

На основе изучения почв Западного Предкавказья установлено, что максимальные урожаи сельскохозяйственных культур получают на черноземах с плотностью в горизонте АВ порядка 1,30-1,35 г/см³. Поэтому граница оптимальных значений плотности нижней толщи почвы определяется величиной 1,35. Последовательное увеличение плотности почвы ведет к постепенному снижению урожайности (табл. 3). Обычно увеличение плотности почвы в ее корнеобитаемом слое на 0,1 снижает урожай зерновых культур на 10–15 %.

Т а б л и ц а 3

Снижение продуктивности черноземов
по мере возрастания плотности горизонта АВ

Плотность	Продуктивность	Плотность	Продуктивность
1,35	1,00	1,55	0,75
1,40	0,94	1,60	0,69
1,45	0,87	1,65	0,64
1,50	0,82	1,70	0,58

Различные растения неодинаково реагируют на степень уплотнения почвенного профиля. До некоторой степени переносят уплотнение корнеобитаемого слоя подсолнечник, люцерна, хлопчатник, рис, слива, вишня. Наоборот, очень рыхлых почв требуют овощные культуры, кукуруза, черешня, виноград. Особенно неблагоприятна высокая плотность для клубнеплодов. У картофеля, например, увядает ботва, клубни деформируются, удлиняются, падает урожайность.

Плотность почвы оказывает влияние на численность микроорганизмов, на биологическую активность почвы. Нормальный газообмен нарушается при плотности более 1,45 г/см³. Начинает проявляться анаэробнозис. Это вызывается сокращением количества макропор и крупных капилляров, подавляются диффузия воздуха и газообмен между почвой и атмосферой. В почвах резко снижается содержание ки-

слорода. Меняется направление биологического превращения веществ, подавляется разложение органического вещества.

Важное значение имеет оценка плотности почвы для плодовых насаждений. Критическая величина зависит от гранулометрического состава почвы. Для тяжелых почв она меньше, для легких несколько больше (табл. 4). При выборе участков под различные группы плодовых насаждений учитывается неодинаковое уплотнение почв. По отрицательной реакции на уплотнение плодовые деревья располагаются в следующем порядке: черешня, абрикос, груша, яблоня, слива, вишня. Наиболее чувствительна к уплотнению черешня и менее всего – слива и вишня.

Изучение зависимости продуктивности винограда от физических свойств показало тесную прямую корреляционную зависимость урожайности с общей порозностью и обратную – с плотностью почв. При уплотнении активной корнеобитаемой толщи до $1,35 \text{ г/см}^3$ и порозности свыше 50 % уровень плодородия почв для культур винограда остается высоким. Но уже при средней плотности $1,6 \text{ г/см}^3$ и порозности 45–50 % урожайность снижается в два раза, а при плотности более $1,7 \text{ г/см}^3$ виноград гибнет.

Т а б л и ц а 4

Нормальные и предельно допустимые величины плотности для роста корней плодовых культур на легких почвах

Генетические горизонты	Плотность, г/см^3			
	оптимум	допустимая	критическая	корни не растут
А+АВ	< 1,40	1,50	>1,60	-
В	< 1,50	1,50-1,65	1,65-1,70	1,77-1,85
С	< 1,60	1,60-1,65	1,75-1,80	1,82-1,90

Для предотвращения уплотненности почв необходимо проводить обработку при низкой влажности, на разную глубину, ограничивать количество проходов почвообрабатывающих орудий. Необходим повсеместный переход на легкую почвооберегающую технику и отказ от плужной обработки почв. Природа «никогда не пахала, она только сеяла». И этот самосев на протяжении тысячелетий давал стабильный урожай биологической массы. Бесплужное рыхление, стерня и пожнивные остатки уменьшают плотность почвы. При этом почвы не образуют корки, а значит, улучшается водопроницаемость, повышаются влагоемкость и воздухообмен, что способствует наращиванию в них органического вещества.

Необходимо отметить, что все сельскохозяйственные культуры как биологические объекты способствуют разрыхлению почвенной массы. Особенно эффективны многолетние травы и подсолнечник.

3.6. Дегумификация почв

Повышение и поддержание почвенного плодородия – одна из сложных и важнейших задач практической и теоретической работы земледельцев и ученых, тем более в условиях дороговизны и нехватки минеральных удобрений, горюче-смазочных материалов, техники и малого использования органических удобрений. Особенно остро эта проблема характерна для черноземов. Многие десятилетия нашей истории использование их потенциального богатства, естественного состояния было едва ли не единственным источником поддержания жизненного уровня страны. Среди многих почв мира чернозем уникален. Он способен долгие годы сохранять свою производительную силу без внесения удобрений. Важнейшим источником такой природной силы чернозема является его богатство органическим веществом.

Последние десятилетия, и особенно в наши дни, гумусовое состояние черноземов привлекает внимание исследователей с точки зрения дегумификации черноземов. Снижение запасов гумуса в черноземах многие считают национальной экологической катастрофой. Проблеме дегумификации посвящены многие работы почвоведов, агрохимиков и других специалистов.

Факт снижения гумусового содержания в черноземах является достоверным и не вызывает сомнений. Однако географическая парадигма развития почв состоит в следующем: в процессе генезиса каждая почва и все ее свойства стремятся к устойчивому равновесию с окружающей средой. Почвы, достигшие равновесия с окружающей средой, называют «климаксными». При неизменности факторов почвообразования вся система находится в стабильном состоянии, поддерживаемом обменом веществ и энергии между почвой и окружающей средой.

Резкое нарушение равновесия связано с сокращением притока органических веществ с пожнивными и корневыми остатками культурной растительности, что неизбежно вызывает процессы дегумификации. В начальные периоды антропогенного развития почвообразовательного процесса наблюдается резкое снижение запасов гумуса в почвах. Затем темпы дегумификации ослабевают до установления климаксного равновесия: поступление пожнивных и корневых остатков в почву – гумификация – дегумификация. Чем выше урожайность сельскохозяйственных растений, чем больше органического вещества (в

том числе и соломы, оставленной на черноземах почвах), тем скорее наступает устойчивое равновесие: гумификация – дегумификация. Внесение органических удобрений и посев трав ускоряют этот процесс.

Оптимальные дозы навоза должны быть не менее 10 т/га в год, что невыполнимо при современном уровне животноводства и механизации сельского хозяйства. Урожайность же пшеницы в богарных условиях, приближающаяся по количеству оставляемого в почве органического вещества к целинной степи, должна составлять не менее 60 ц/га. Для такой урожайности необходимо среднегодовое количество атмосферных осадков около 600 мм. Пары не решают проблему, так как дегумификация на паровых полях происходит особенно интенсивно. Для черноземов остается актуальным тезис: борьба за влагу – борьба за урожай, и как следствие этого – противодействие явлениям дегумификации.

Таким образом, почвенное плодородие после освоения целинных угодий под пашню находится в резком несоответствии с возникшими новыми условиями, новым соотношением компонентов биогеоценоза. Имеющийся фактический материал позволяет констатировать при современной системе земледелия резкий сдвиг продуктивности почв:

- в сторону уменьшения потенциального плодородия – черноземы;
- в сторону повышения потенциального плодородия – подзолистые почвы.

Безусловно, все освоенные черноземы менее богаты, чем целинные почвы, и окультуривание, вероятно, не даст того обогатительного результата, какого может достигнуть луговая черноземная степь. Остальные почвы (в зависимости от культуры земледельца) становятся при освоении в пашню:

- окультуренными, более плодородными, чем естественные почвы;
- культурными – глубоко преобразованными с утратой некоторых природных свойств и приобретением новых благотворных качеств;
- ухудшенными, выпаханными, истощенными, менее плодородными, чем естественные почвы.

Плодородие почв с культурными биоценозами развивается вместе с развитием производительных сил. Каждому уровню развития производительных сил соответствует своя продуктивность агроценозов. Это понятно, так как объем биологического круговорота определяется интенсивностью сельскохозяйственного использования. Данная черта является важнейшей в антропогенном почвенном процессе.

3.7. Засоление почв

К засоленным почвам относятся солончаки, солончаковые, солончаковатые и глубоководнозасоленные почвы, солонцы и солонцеватые почвы. Засоленные почвы распространены в пустынной, пустынно-степной (полупустынной), степной и лесостепной зонах. Территории, подверженные наибольшему засолению, приурочены к морским, дельтово-морским, древним и современным дельтовым равнинам и равнинам приледниковых областей. Особенно широко распространены засоленные почвы в районах неглубокого залегания соленосных пород, отложенных в течение неоднократных морских трансгрессий.

Наряду с природно-засоленными почвами в районах орошаемого земледелия значительные площади заняты вторично засоленными почвами. Основными причинами вторичного засоления почв являются бездренажное орошение, большие потери воды на фильтрацию на полях, строительство оросительных каналов без гидроизоляции, применение для орошения минерализованной воды.

Вторичное засоление почв возникает не только при орошении, но и при осушении земель. Процессы вторичного засоления развиты при осушении избыточно увлажненных почв обвалованием в дельтах и поймах рек Кубани, Терека и Дона. Причина вторичного засоления обвалованных земель заключается в изменении после прекращения затоплений промывного водного режима почв на выпотной, что в условиях минерализованных грунтовых вод приводит к образованию вторичных солончаковатых почв и солончаков.

Такие деградиционные процессы антропогенного характера широко распространены в пойме южных рек. До зарегулирования рек гидротехническими сооружениями эти явления не наблюдались. Ежегодные паводковые пойменные воды, которые затапливали дельту и пойму, вымывали из поверхностных слоев почвы избыточные количества солей, накапливаемых в летний и осенний периоды. Произрастающая в это время обильная луговая травянистая растительность рыхлила почву, создавала комковато-зернистую структуру, т.е. выполняла естественный мелиорирующий эффект.

Происходит постоянное прогрессивное накопление солей в профиле почвы. Увеличиваются площади засоленных и солонцеватых почв. В прошлом они наблюдались эпизодически, а сейчас их насчитывается около 50 % от всей территории поймы и дельты. К засолению и осолонцеванию прибавляется развитие слитогенеза и деградация естественных травянистых угодий. Явления прогрессивного засоления усиливают многочисленные рыбохозяйственные пруды, постоянно поддержи-

вающие высокий уровень грунтовых вод, способствующих усилению засоления.

Вторичное засоление почв возникает и при перегрузке пастбищ. Причинами вторичного засоления на пастбищах в условиях интенсивного выпаса являются увеличение физического испарения влаги почвой по мере уничтожения травянистой растительности и рост капиллярной влагопроводимости в связи с уплотнением почв. На лугах это усиливает приток влаги и солей в верхнюю часть профиля из грунтовых вод, а на автоморфных солончаковатых почвах обуславливает поступление минерализованных растворов из нижележащих солевых горизонтов (особенно при выпасе сразу же после дождя или полива на орошаемых пастбищах), что вызывает солончаковое засоление почв.

Основными причинами вторичного засоления почв являются бездренажное орошение, большие потери воды на фильтрацию на полях, строительство оросительных каналов без гидроизоляции, применение для орошения минерализованной воды. В неправильно организованных оросительных системах коэффициент полезного действия составляет 30–50 %, т.е. больше половины воды теряется на фильтрацию в каналах, на полях орошения и затопленных пространствах.

Теряемые в оросительной системе воды при фильтрации пополняют запасы грунтовых вод и вызывают повышение их уровня. Если зеркало грунтовых вод поднимается до такой глубины, что капиллярный подъем их достигает поверхности, то при испарении грунтовых вод будет происходить вторичное засоление. Скорость подъема грунтовых вод зависит от коэффициента полезного действия оросительной системы, дисциплины водопользования, способа орошения и величины оросительной нормы, исходной глубины залегания уровня грунтовых вод и условий естественного дренажа местности. Чем хуже условия естественного дренажа (бессточные депрессии или низменности) и чем больше потери поливных вод на оросительной системе, тем интенсивнее подъем уровня грунтовых вод при орошении.

По данным В.А. Ковды и В.В. Егорова, даже при экономичном расходовании воды при поверхностном способе орошения скорость подъема уровня грунтовых вод на не рисовых оросительных системах превышает 1 м в год. Наибольшая скорость подъема уровня грунтовых вод (4–6 м в год) происходит под культурой затопляемого риса и наименьшая (0,3–0,7 м в год) – при орошении дождеванием.

Причиной вторичного засоления почв, помимо грунтовых вод, может являться минерализованная верховодка, формирующаяся при орошении на водоупорных образованиях.

Для суждения о возможности вторичного засоления при повышении зеркала грунтовых вод (верховодка) академиком Б.Б. Полыновым в 1930 г. было введено понятие критической глубины залегания уровня минерализованных грунтовых вод. Критической глубиной залегания уровня грунтовых вод называется такая их глубина, выше которой восходящие от грунтовых вод капиллярные токи достигают поверхностных горизонтов почвы и вызывают вторичное засоление. Критический уровень грунтовых вод в первую очередь зависит от водоподъемной способности почвы и от минерализации самих грунтовых вод.

В среднем критическая глубина уровня минерализованных грунтовых вод для засушливых районов нашей страны колеблется от 2 до 3 м, т.е. чтобы избежать вторичного засоления почв, необходимо поддерживать уровень грунтовых вод при орошении на глубине не менее 2–3 м.

В отечественной и мировой практике накоплен большой опыт по освоению засоленных земель при возделывании риса. Однако недоучет особенностей водно-солевого режима рисовых полей, недостатки в проектировании, строительстве и эксплуатации коллекторно-дренажной сети привели в ряде случаев к снижению урожаев и гибели посевов риса на значительных площадях.

Причиной вторичного засоления является восходящее движение минерализованных грунтовых вод, обусловленное разностью напоров воды в каналах, в высоких и низких чеках. На участках, занятых солонцовыми комплексами, засоление зональных почв происходит преимущественно за счет поступления солей из солонцов с фильтрующейся водой. В условиях рисосеяния в почвах солонцовых комплексов наблюдается ощелачивание и, как правило, накопление соды (особенно в первые годы орошения) в количестве, превышающем порог токсичности солеустойчивых культур.

В развитии вторичного засоления почв большая роль принадлежит минерализации и химическому составу оросительной воды, содержанию в ней щелочных солей, коллоидного кремнезема и т.д.

В настоящее время на земном шаре для орошения используются речные, подземные, дренажно-сбросовые, морские и океанические, а также сточные воды. Вода крупных рек имеет минерализацию преимущественно до 0,5 г/л, гидрокарбонатно-кальциевый состав, благоприятные для орошения.

Воды малых рек, подземные и дренажно-сбросные воды имеют различные минерализацию и химизм. Применение таких вод для орошения часто вызывает вторичное засоление почв. Еще менее пригодны для орошения морские и океанические воды.

Пригодными для орошения принято считать воды с минерализацией до 1 г/л. В практике ирригации имеются примеры успешного использования для орошения почв легкого гранулометрического состава воды с минерализацией 5–6 г/л. Предельно допустимой минерализацией для орошения почв среднего и тяжелого гранулометрического состава принимают 2–3 г/л, для супесчаных и песчаных почв – 10–12 г/л.

Для борьбы с вторичным засолением почв и его предотвращения применяется целая система мер. Это прежде всего строительство глубокого горизонтального (2,5–3,5 м) дренажа или (там, где это позволяют литолого-гидрогеологические условия орошаемой территории) вертикального дренажа глубиной 25–80 м.

Роль дренажа будет различной в зависимости от типа местности и почв, глубины залегания и минерализации грунтовых вод, засоленности и химического состава солей почвы, подлежащей освоению и орошению. Например, если минерализованные грунтовые воды залегают сравнительно глубоко, но при орошении ожидается их подъем, то на оросительной системе должен быть сооружен профилактический дренаж, обеспечивающий поддержание уровня грунтовых вод на глубине ниже критической и промывной тип водного режима почв. При освоении и орошении сильнозасоленных почв, характеризующихся высокоминерализованными грунтовыми водами (30–50 г/л), расположенными на глубине 1,5–2 м, дренаж выполняет, по В.А. Ковде, наиболее сложные задачи: понижает уровень грунтовых вод, изменяет испарительный тип их баланса на проточный, способствует организации регулярного интенсивного оттока грунтовых вод за пределами мелиорируемой территории и, наконец, отводит большие массы промывных растворов для опреснения почв и водоносного горизонта до оптимальной концентрации солей.

Для борьбы с потерями воды на фильтрацию из магистрального канала и межхозяйственных распределителей применяют антифильтрационную одежду (синтетические пленки, бетонная защита), а участковую оросительную сеть строят в закрытых трубопроводах.

Большое значение в увеличении коэффициента полезного действия оросительной системы и поддержании благоприятных почвенно-мелиоративных условий при очищении имеет применение широкозахватной дождевальнoй техники, а также стрoгое соблюдение режима орошения в соответствии с нуждами растений и свойствами почвенно-го покрова.

Освоение и окультуривание сильнозасоленных почв и солончаков возможно лишь при проведении чрезвычайно сложных мелиоративных мероприятий. Поэтому, если они расположены в районах неорошаемо-

го земледелия, их используют только как пастбища очень низкого качества. В том же случае, когда солончаки и сильнозасоленные почвы находятся в зоне оросительных систем, их вовлекают в сельскохозяйственное производство. Главная задача, которая решается здесь при мелиорации, – удаление избытка легкорастворимых солей из корнеобитаемого слоя. Достигается такая мелиорация промывками, в сочетании с дренажем или при наличии хорошего естественного оттока грунтовых вод. Промывные нормы определяются в зависимости от степени и характера засоления, гранулометрического состава почв. Нормы эти лежат в пределах от 2500 до 20 000 м³/га, а иногда и более. Вода подается в несколько приемов. Лучшими сроками для промывки солончаков считают позднюю осень или зиму, когда почвы имеют низкую влажность, грунтовые воды стоят глубоко, испарение наименьшее.

Промывки большими нормами (свыше 15 000 м³/га) обычно сочетаются с культурой орошаемого риса.

Перед промывкой обязательны глубокая вспашка и выравнивание пашни, для того чтобы обеспечить равномерное поступление воды в почву.

Много внимания требуют эти почвы и после промывки. В период освоения на них высеваются многолетние травы с соблюдением всех агротехнических мероприятий, и организуется тщательный контроль за почвами и грунтовыми водами с целью предотвратить реставрацию солончаков.

Основными причинами вторичного засоления почв являются бездренажное орошение, потери воды на фильтрацию в каналах и на полях, применение для орошения минерализованной воды. В почвах развивается выпотной водный режим. Засоленные почвы различаются по степени и химизму засоления, а различные растения неодинаково реагируют на концентрации солей. Засоленные почвы мелиорируют, промывая их от избытка солей, и используют под многолетние травы в период освоения.

3.8. Осолонцевание почв

Осолонцевание почв, или развитие солонцового процесса, происходит при количестве натрия более 5 % от емкости обмена. При этом возникают неблагоприятные для растений свойства солонцеватости: щелочность, дисперсность коллоидов, набухаемость, дефицит влаги, высокая плотность, физиологическая ядовитость катиона натрия.

Культурные растения также неодинаково реагируют на солонцеватость почв. Это необходимо учитывать для рационального использова-

ния солонцовых почв. При освоении солонцов после их мелиорации для создания благоприятного агробиологического фона и повышения плодородия высевают солеустойчивые растения. К ним относятся донник, суданская трава, пырей ползучий, регнерия волокнистая, пырей сизый. По мере окультуривания солонцов хорошие урожаи начинают давать пшеница и сорго.

Солонцеватость снижает урожаи большинства сельскохозяйственных культур. Для различных природных зон А.И. Серый обобщил материалы разных авторов по влиянию солонцеватости на уровень плодородия почв.

Неодинаков уровень плодородия почв для многолетних насаждений. Виноградная лоза более устойчива к солонцеватости, нежели плодовые деревья.

Антропогенное солонцевание почв может быть вызвано их загрязнением веществами, содержащими водорастворимые соли натрия, включая и бытовые отходы. Однако особые бедствия от солонцевания доставляет содовое засоление при орошении, а борьба с ним переросла в проблему мирового масштаба. Сода ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3$) – наиболее токсическая соль. Ее присутствие вызывает глубокое негативное преобразование всей почвенной массы как органической, так и минеральной. Возникающие отрицательные для почвенного плодородия явления в большинстве крайне трудноустраняемы. Почвенный поглощающий комплекс при содовом засолении насыщается обменным натрием. Реакция почв может быть сильнощелочной ($\text{pH} = 9 \div 11$), что создает для растений практически абиотическую обстановку.

Опасность выщелачивания и содового засоления возникает при орошении черноземов степной зоны, где в составе почвообразующих пород преобладают засоленные лессовидные отложения, часто содержащие небольшие количества соды и в той или иной степени осолонцованные. Нередко глубинная солонцеватость и присутствие соды обнаруживаются в пределах почвенного профиля.

Очень важным показателем качества поливной воды является содержание в ней остаточного бикарбоната натрия (NaHCO_3). Содержание в воде остаточного бикарбоната натрия (двууглекислой соды) определяется по формуле Итона:

$$\text{NaHCO}_3 = (\text{HCO}_3) - (\text{Ca} + \text{Mg}) \text{ мэкв/л.}$$

Воды с содержанием бикарбоната натрия менее 1,25 мэкв/л пригодны для орошения, от 1,25 до 2,5 – условно пригодны, более 2,5 мэкв/л – не пригодны для орошения.

Применение для орошения щелочной воды, помимо содового засоления, вызывает вторичное осолонцевание почв. Кроме того, вторичное осолонцевание почв получает развитие и при орошении водой, содержащей в своем составе повышенное количество катиона натрия.

В первую очередь процессами осолонцевания подвержены выщелоченные и малогумусные почвы с невысоким содержанием обменного кальция, обладающие малой буферностью по отношению к осолонцеванию.

Для защиты почв при орошении от ощелачивания, содового засоления, осолонцевания необходимо периодически вносить в почву небольшие дозы химических мелиорантов (гипс, минеральные кислоты), применять физиологические кислые азотные (сульфат аммония, аммиачная селитра, сульфат-нитрат аммония, аммофос, диаммофос) и кальцийсодержащие (суперфосфат простой и двойной) удобрения, вводить в севообороты многолетние бобовые травы.

Восстановление почв содового засоления требует одновременного применения глубокого дренажа, высоких доз химических мелиорантов (20–50 т/га серной кислоты, гипса), промывок, больших норм органических, включая сидераты, и физиологически кислых азотных удобрений.

Осолонцевание и ощелачивание почв возникают, прежде всего, при орошении почв водой, содержащей соду или повышенные концентрации других натриевых солей. По устойчивости к солонцеватости и обменному натрию растения разделяют на группы, что необходимо учитывать при планировании рационального использования земель.

3.9. Иссущение и опустынивание земель

Иссущение земель обычно рассматривается как один из аспектов опустынивания. Однако эту проблему целесообразно выделить в самостоятельный раздел, так как черноземы и близкие к ним почвы являются основным земледельческим фондом страны.

Иссущение земель является следствием комплекса явлений: частая повторяемость засух; нарушение водного режима ландшафта; повсеместная распашка черноземов и каштановых почв, пород до уреза воды рек и водохранилищ; уничтожение естественной растительности, особенно девственных лесов; разрушение структуры и потеря гумуса; ухудшение физических свойств почв; развитие эрозионных процессов. Деятельность человека играет первостепенную роль.

С усиленной распашкой степей все чаще и чаще повторяются засухи. Снижение урожаев сельскохозяйственных культур создает серьез-

ные трудности во всем народном хозяйстве. В засушливые годы резко сокращается эффективность всех мероприятий по повышению плодородия почв, и это ощущается в масштабах всей страны.

Плодородие почвы зависит как от количества выпавших осадков, так и от упорядочения круговорота влаги. В эрозионоопасных районах наблюдается неурегулированный поверхностный сток талых и дождевых вод, что приводит к ежегодной потере более 55 % влаги.

Состояние поверхности земли и почв формирует водный баланс территории и речной сток. Почва выступает в роли посредника между климатом и рекой. В почвенном покрове метеорологические явления преобразуются в явления водного режима. Инфильтрационная и вододерживающая способности почв существенно влияют на водный баланс территории, определяются размеры поверхностного стока, расхода воды на питание подземных вод, испарение и транспирацию. Повсеместно действует следующая закономерность: чем меньше воды уходит на поверхностный сток, тем оптимальнее водный режим ландшафта в целом.

Получение устойчивых урожаев зерна (порядка 60 ц/га) требует не менее 500–700 мм влаги в год. Для урожая в 40 ц/га зерна необходимо на гектар 3–4 тыс. т воды. В степях же среднегодовое количество осадков составляет 40 мм, т.е. 4,5 тыс. т на гектар. Если бы вся эта вода поглощалась и продуктивно расходовалась на получение зерна, то уроны от засух были бы резко сокращены. Поэтому так важно использовать все средства мелиорации, химизации и агротехники для улучшения водного режима неполивных почв. Главнейшие усиления земледельца на черноземах и каштановых почвах должны быть направлены на накопление, сохранение и рациональное использование почвенной влаги.

Коренных способов борьбы с засухой пока нет, но есть много приемов, выполнение которых сильно ослабляет ее действие. Орошение, правильные севообороты, рациональная система обработки почвы и борьба с сорной растительностью, снижение поверхностного стока, восстановление структурного состояния почвы, полосное размещение культур, контурная вспашка, лесоразведение – вот главные средства борьбы с засухой.

Безусловно, наиболее эффективным является орошение сельскохозяйственных культур. Однако из-за недостатка поливных вод оросительные системы пока функционируют на сравнительно небольших площадях, и еще долгое время на огромных пространствах степей не всегда спасает растения от засухи. Есть такое явление, как воздушная засуха. При интенсивных суховеях с высокой температурой воздуха и низкой относительной влажностью- транспирация, испарение из ли-

стьев растений, идет настолько сильно, что подача воды из почвы отстает от этого процесса, растения увядают и даже гибнут при достаточной влажности почвы.

В борьбе с иссушением степей, с суховеями важным средством становится полезащитное лесоразведение, основоположником которого можно с полным правом назвать В.В. Докучаева.

Лесами в прошлом наши степи были сравнительно богаты. Однако их хищническое уничтожение, особенно в XIX в., сделало степные пространства открытыми, а сплошная распашка и водная эрозия создали особый дефицит влаги с большим поверхностным испарением и стоком. От сплошных лесов остались лишь небольшие массивы.

В 1881 г. степи России охватила жестокая засуха. Голодало 35 млн жителей 28 губерний. В 1892 г. В.В. Докучаев организует экспедицию. Один из пунктов экспедиции – Каменная степь (ныне Таловский район Воронежской области). Это междуречье Хопра и Дона, район черноземной полосы с наиболее экстремальными условиями. Здесь ученый осуществляет эксперимент, цель которого – защитное лесоразведение, строительство прудов и водоемов.

Итогом работы В.В. Докучаева стали лесные полосы и каскады прудов. Эти рукотворные леса и по сей день в прекрасном состоянии. Они надежно защищают от засухи поля НИИ земледелия Центральной черноземной полосы, который по праву носит имя В.В. Докучаева. На полях, защищенных лесополосами, совершенно нет поверхностного стока. Каскады Докучаевских прудов полноводны и существуют исключительно за счет подземных вод. Черноземы около лесополос стали хорошо водопроницаемыми, с зернистой структурой. Ушедшая в почву влага весной и в первую половину лета хорошо подпитывает, посевы и постоянно обеспечивает полноводность водоемов. Урожай сельскохозяйственных культур на полях института всегда намного выше, чем в целом по зоне. С 1948 г. изменились наши степные ландшафты, однако полностью проблема лесомелиорации пока не решена.

Иссушение земель резко снижает продуктивность сельскохозяйственных территорий. Этому способствует частая повторяемость засух, нарушение водного режима ландшафтов, повсеместная распашка черноземов и каштановых почв, уничтожение естественной растительности, развитие эрозии почв, разрушение структуры, дегумификации и др. Внедрение ландшафтного земледелия с полезащитным лесоразведением – главное средство борьбы с засухой.

Опустынивание – это интенсификация и расширение пустынных условий, процесс, ведущий к сокращению биологической продуктивности экосистем, что в свою очередь вызывает сокращение запасов

кормов на пастбищах, уменьшение урожая сельскохозяйственных культур и ухудшение условий жизни людей.

Опустынивание – результат длительного исторического процесса, в ходе которого явления природы и деятельность человека, усиливая друг друга, приводят к изменению характеристик природной среды. Особенно проявляется опустынивание в районах с засушливым климатом.

Опустынивание представляет собой социальный, а не естественный процесс – такова была концепция, принятая конференцией ООН по проблемам опустынивания. Однако в исследованиях и проектах первоочередное внимание уделяется физическим аспектам этой проблемы, а гуманитарные остаются в стороне. Между тем процесс физического разрушения природных факторов связан с трагическим ухудшением социальных условий населения засушливых районов, что ведет к распаду его традиционной социальной культуры.

Типы опустынивания характеризуются процессами опустынивания. К ним относятся деградация растительного покрова, водная и ветровая эрозии, засоление и заболачивание почв, загрязнение внешней среды, *зоогенное*¹ опустынивание, *техногенное*² опустынивание.

К причинам опустынивания относятся процессы и явления, вызываемые деятельностью людей или природными факторами и ведущие к опустыниванию. К ним относятся перевыпас, вырубка древесно-кустарниковой растительности, строительные и изыскательские работы и др.

Установлено, что из 45 выявленных факторов опустынивания 87 % приходится на нерациональное использование водных и земельных ресурсов, растительности, полезных ископаемых и только 13 % относится к природным процессам. Опустынивание – неизбежное последствие широкого сельскохозяйственного и промышленного использования природных ресурсов аридных областей. Опустынивание протекает в процессе деградации растительного покрова, обычно обусловленной перегрузкой пастбищ поголовьем скота (перевыпас), вырубкой деревьев и кустарников, выжиганием и распашкой земель, при водной и ветровой эрозиях, в связи с ослаблением защитных функций растительного покрова, в результате уменьшения содержания гумуса в почвах, а также при засолении и солонцеватости, разрушении растительного и почвенного покрова техническими средствами (машинами и механизмами).

¹ Опустынивание, вызываемое животными (роящая деятельность грызунов, уничтожение растительности травоядными животными, повреждение растительности насекомыми и др.).

² Опустынивание, вызываемое техническими средствами (машинами, механизмами при строительных, изыскательных и других работах).

Главные негативные последствия опустынивания: сокращение урожайности или недород, деградация многолетнего растительного покрова и сокращение биомассы и водных ресурсов, преобладание литогенеза над педогенезом, засоление почв и т.д.

Пространственное распространение процессов опустынивания характеризуется расширением площадей сильно деградированных земель. При этом действует ряд специфических факторов, обуславливая закономерные изменения в степени аридной деградации и опустынивания (З.Г. Залибеков, И.С. Зонн, Г.Н. Гасанов).

Первая закономерность имеет почвенную основу, содержание которой сводится к тому, что при разрушении поверхности почвы мелкоземистый материал поднимается ветром в атмосферу и насыщает увлажненные ее слои. При этом изменяется температурный градиент, подавляя конвективные токи воздуха, препятствуя выпадению осадков.

Вторая закономерность связана с функциональной ролью биологического фактора в биосфере и экосистемах. Речь идет о накоплении растительным покровом общей биомассы, содержащей в своем составе более 80 % биологически чистой воды, участвующей во влагообороте в результате транспирации и десукции. Уменьшение биологически чистой воды при сведении и деградации растительного покрова и соответственно его долевого участия в формировании атмосферных осадков повышает степень засушливости климата и среднесуточных температур воздуха.

Третья закономерность исходит из альбедо земли, т.е. связана с влиянием отражательной способности поверхности почвы, образуемой при сведении почвенно-растительного покрова и расширении площадей отчуждаемых земель для размещения объектов промышленного, жилищного, дорожного, рекреационного назначения. По мере уменьшения площадей лесов и травянистой растительности и расширения ареалов техногенного покрова и нарушенных земель увеличиваются размеры открытой поверхности почв, значительно усиливая отражательную способность земли. Это приводит к формированию процессов инверсии сжатия в потоке воздуха, что ослабляет конвекцию и выпадение осадков.

Опустынивание – это интенсификация и расширение пустынных условий, что приводит к сокращению биологической продуктивности экосистем. Явления природы и в основном деятельность человека изменяют характеристики природной среды, провоцируют развитие пустынной ситуации. Неизбежные спутники опустынивания: деградация растительного покрова, эрозия и дефляция почв, их засоление и осолонцевание, антропогенное разрушение ландшафтов и, наконец, исчезновение почвенного покрова, преобладание литогенеза над педогенезом.

4. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ

4.1. Загрязнение почв тяжелыми металлами

К тяжелым металлам (ТМ) относят более 40 химических элементов периодической системы Д.И. Менделеева, масса атомов которых составляет свыше 50 атомных единиц массы (а.е.м.). Это Pb, Zn, Cd, Hg, Cu, Mo, Mn, Ni, Sn, Co и др. Сложившееся понятие «тяжелые металлы» не является строгим, так как к ТМ часто относят элементы-неметаллы, например As, Se, а иногда даже F, Be и другие элементы, атомная масса которых меньше 50 а.е.м.

Среди ТМ много микроэлементов, биологически важных для живых организмов. Они являются необходимыми и незаменимыми компонентами биоактивизаторов и биорегуляторов важнейших физиологических процессов. Однако избыточное содержание ТМ в различных объектах биосферы оказывает угнетающее и даже токсическое действие на живые организмы.

Источники поступления ТМ в почву делятся на природные (выветривание горных пород и минералов, эрозионные процессы, вулканическая деятельность) и техногенные (добыча и переработка полезных ископаемых, сжигание топлива, вливание автотранспорта, сельского хозяйства и т.д.). Сельскохозяйственные почвы, помимо загрязнения через атмосферу, загрязняются ТМ еще и специфически, при применении пестицидов, минеральных и органических удобрений, известковании, использовании сточных вод. В последнее время особое внимание ученые уделяют городским почвам. Последние испытывают значительный техногенный пресс, составной частью которого является загрязнение ТМ.

На поверхность почв ТМ поступают в различных формах. Это оксиды и различные соли металлов, как растворимые, так и практически нерастворимые в воде (сульфиды, сульфаты, арсениты и др.). В составе выбросов предприятий по переработке руды и предприятий цветной металлургии основным источником загрязнения окружающей среды ТМ – основная масса металлов (70–90 %) находится в форме оксидов.

Попадая на поверхность почв, ТМ могут либо накапливаться, либо рассеиваться в зависимости от характера геохимических барьеров, свойственных данной территории.

Большая часть ТМ, поступивших на поверхность почвы, закрепляется в верхних гумусовых горизонтах. ТМ сорбируются на поверхности почвенных частиц, связываются с органическим веществом почвы, в частности в виде элементоорганических соединений, аккумулируются в гидроксидах железа, входят в состав кристаллических решеток глинистых минералов, дают собственные минералы в результате изоморф-

ного замещения, находятся в растворимом состоянии в почвенной влаге и газообразном состоянии в почвенном воздухе, являются составной частью почвенной биоты.

Степень подвижности ТМ зависит от геохимической обстановки и уровня техногенного воздействия. Тяжелый гранулометрический состав и высокое содержание органического вещества приводит к связыванию ТМ почвой. Рост значений рН усиливает сорбированность катионообразующих металлов (медь, цинк, ртуть, свинец и др.) и увеличивает подвижность анионообразующих (молибден, хром, ванадий и пр.). Усиление окислительных условий увеличивает, миграционную способность металлов.

Загрязнение почв ТМ имеет сразу две отрицательные стороны. Во-первых, поступая по пищевым цепям из почвы в растения, а оттуда в организм животных и человека, ТМ вызывают снижение количества и качества урожаев сельскохозяйственных растений и животноводческой продукции, рост заболеваемости населения и сокращение продолжительности жизни.

Во-вторых, накапливаясь в почве в больших количествах, ТМ способны изменять многие ее свойства. Прежде всего, изменения затрагивают биологические свойства почвы: снижается общая численность микроорганизмов, сужается их видовой состав (разнообразие), изменяется структура микробоценозов, падают интенсивность основных микробиологических процессов и активность почвенных ферментов и т.д. Сильное загрязнение ТМ приводит к изменению и более консервативных признаков почвы, таких как гумусное состояние, структура, рН среды и др. Результатом этого является частичная, а в ряде случаев и полная утрата почвенного плодородия.

В природе встречаются территории с недостаточным или избыточным содержанием в почвах ТМ. Аномальное содержание ТМ в почвах обусловлено двумя группами причин: биогеохимическими особенностями экосистем и влиянием техногенных потоков вещества. В первом случае районы, где концентрация химических элементов выше или ниже оптимального для живых организмов уровня, называются *природными геохимическими аномалиями* или биогеохимическими провинциями. Здесь аномальное содержание элементов обусловлено естественными причинами – особенностями почвообразующих пород, почвообразовательного процесса, присутствием рудных аномалий. Во втором случае территории называются *техногенными геохимическими аномалиями*. В зависимости от масштаба они делятся на глобальные, региональные и локальные.

Почва, в отличие от других компонентов природной среды, не только геохимически аккумулирует компоненты загрязнений, но и высту-

пает как природный буфер, контролирующей перенос химических элементов и соединений в атмосферу, гидросферу и живое вещество.

Различные растения, животные и человек требуют для жизнедеятельности определенного состава почвы, воды. В местах геохимических аномалий происходит, усугубляясь, передача отклонений от нормы минерального состава по всей пищевой цепи. В результате нарушения минерального питания наблюдаются изменения видового состава фито-, зоо- и микробоценозов, заболевание дикорастущих форм растений, снижение количества и качества урожаев сельскохозяйственных растений и животноводческой продукции, рост заболеваемости населения и снижение продолжительности жизни.

Токсическое воздействие ТМ на биологические системы в первую очередь обусловлено тем, что они легко связываются с сульфгидрильными группами белков (в том числе и ферментов), подавляя их синтез и тем самым нарушая обмен веществ в организме.

Живые организмы выработали разнообразные механизмы устойчивости к ТМ: от восстановления ионов ТМ в менее токсичные соединения до активации систем ионного транспорта, осуществляющих эффективное и специфическое удаление токсических ионов из клетки во внешнюю среду.

Наиболее существенное последствие воздействия ТМ на живые организмы, проявляющееся на биогеоценологическом и биосферном уровнях организации живого вещества, заключается в блокировании процессов окисления органического вещества. Это приводит к снижению скорости его минерализации и накоплению в экосистемах. В то же время увеличение концентрации органического вещества вызывает связывание им ТМ, что временно снимает нагрузку с экосистемы. Снижение скорости разложения органического вещества за счет снижения численности организмов, их биомассы и интенсивности жизнедеятельности считают пассивной реакцией экосистем на загрязнение ТМ. Активное противостояние организмов антропогенным нагрузкам проявляется лишь в ходе прижизненной аккумуляции металлов в телах и скелетах. Ответственными за этот процесс являются наиболее устойчивые виды.

Устойчивость живых организмов, прежде всего растений, к повышенным концентрациям ТМ и их способность накапливать высокие концентрации металлов могут представлять большую опасность для здоровья людей, поскольку допускают проникновение загрязняющих веществ в пищевые цепи. В зависимости от геохимических условий производства пища человека как растительного, так и животного происхождения может удовлетворять потребности человека в минеральных элементах, быть дефицитной или содержать превышающее их количество, становясь более токсичной, вызывая заболевания и даже

смерть. Разные ТМ представляют опасность для здоровья человека в различной степени. Наиболее опасными являются Hg, Cd, Pb (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Классы загрязняющих веществ по степени их опасности
(ГОСТ 17.4.1.02-83)

№	Класс	Элементы
I	Высокоопасные	Hg, Cd, Pb, Zn, As, Se, F
II	Умеренно опасные	Cu, Co, Ni, Mo, Cr, B, Sb
III	Малоопасные	V, W, Mn, Sr, Ba

Очень сложен вопрос нормирования содержания ТМ в почве. В основе его решения должно лежать признание полифункциональности почвы. В процессе нормирования почва может рассматриваться с различных позиций: как естественное природное тело, как среда обитания и субстрат для растений, животных и микроорганизмов, как объект и средство сельскохозяйственного и промышленного производства, как природный резервуар, содержащий патогенные микроорганизмы. Нормирование содержания ТМ в почве необходимо проводить на основе почвенно-экологических принципов, которые отрицают возможность нахождения единых значений для всех почв.

По вопросу санации почв, загрязненных ТМ, существует два основных подхода. Первый направлен на очищение почвы от ТМ. Очищение может производиться путем промывок, путем извлечения ТМ из почвы с помощью растений, путем удаления верхнего загрязненного слоя почвы и т.п. Второй подход основан на закреплении ТМ в почве, переводе их в нерастворимые в воде и недоступные живым организмам формы. Для этого предлагается внесение в почву органического вещества, фосфорных минеральных удобрений, ионообменных смол, природных цеолитов, бурого угля, известкование почвы и т.д. Однако любой способ закрепления ТМ в почве имеет свой срок действия. Рано или поздно часть ТМ снова начнет поступать в почвенный раствор, а оттуда в живые организмы.

Таким образом, к тяжелым металлам относят более 40 химических элементов, масса атомов которых составляет свыше 50 а.е.м. Это Pb, Zn, Cd, Hg, Си, Мо, Мп, Ni, Sn, Со и др. Среди ТМ много микроэлементов, являющихся необходимыми и незаменимыми компонентами биокатализаторов и биорегуляторов важнейших физиологических процессов. Однако избыточное содержание ТМ в различных объектах биосферы оказывает угнетающее и даже токсическое действие на живые организмы.

Экологические последствия загрязнения почв ТМ зависят от параметров загрязнения, геохимической обстановки и устойчивости почв. К параметрам загрязнения относятся природа металла, т.е. его химические и токсические свойства, содержание металла в почве, форма хими-

ческого соединения, срок от момента загрязнения и т.д. Устойчивость почв к загрязнению зависит от гранулометрического состава – содержания органического вещества, кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий, активности микробиологических и биохимических процессов и т.д.

4.2. Загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами

В последние годы проблема нефтяных загрязнений становится все более актуальной. Развитие промышленности и транспорта требует увеличения добычи нефти как энергоносителя и сырья для химической промышленности. А вместе с тем это одна из самых опасных для природы индустрий. Ежегодно миллионы тонн нефти выливаются на поверхность Мирового океана, попадают в почву и грунтовые воды, сточают, загрязняя воздух.

Большинство земель в той или иной мере загрязнены сейчас нефтепродуктами. Особенно сильно это выражено в регионах, через которые проходят нефтепроводы, а также где расположены предприятия химической промышленности, использующие в качестве сырья нефть или природный газ. Ежегодно десятки тонн нефти загрязняют полезные земли, снижая их плодородие, но до сих пор этой проблеме не оказывают должного внимания.

Нефть представляет собой жидкость от желто- или светло-бурого до черного цвета, с характерным запахом. Это смесь углеводов и их производных, каждое из которых может рассматриваться как самостоятельный токсикант. В ее составе обнаруживается свыше 1000 индивидуальных органических веществ, содержащих 83–87 % углерода, 12–14 % водорода, 0,5–6,0 % серы, 0,02–1,7 % азота, 0,005–3,6 % кислорода и незначительную примесь минеральных соединений; зольность нефти не превышает 0,1 %. Нефть легче воды: плотность различных видов нефти колеблется от 0,73 до 0,97. Основным источником загрязнения почвы нефтью – антропогенная деятельность. В естественных условиях нефть залегает под плодородным слоем почвы на больших глубинах и не производит существенного на нее влияния. В нормальной ситуации нефть не выходит на поверхность, происходит это только в редких случаях в результате подвижек горных пород, тектонических процессов, сопровождающихся поднятием грунта.

Основные загрязнения нефтью происходят в районах нефтепромыслов, нефтепроводов, а также при перевозке нефти по сухопутным и особенно морским магистралям. В районах наземных нефтепромыслов и нефтепроводов периодически происходят локальные утечки нефти и нефтепродуктов, которые не распространяются на большие площади. Гораздо хуже, если утечка происходит из океанической или морской

буровой установки или магистрали. В этом случае нефть расплзается по воде тончайшей, часто мономолекулярной пленкой на площади в сотни и тысячи квадратных километров, образуя нефтяные пятна. Оказавшись в прибойной зоне, нефтяная пленка выбрасывается на сушу и заражает огромные площади побережий, нанося колоссальный вред всему живому в этом районе.

Экологические последствия загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами зависят от параметров загрязнения, свойств почвы и характеристик внешней среды.

К первой группе факторов относятся химическая природа загрязняющих веществ, концентрация их в почве, срок от момента загрязнения и др. Как было отмечено выше, нефть состоит из многих фракций, существенно различающихся между собой по физико-химическим свойствам. Поэтому их поведение в почве различно.

Наибольшей проникающей способностью обладают легкие фракции, которые капиллярными силами затягиваются на глубину до 1 м. Будучи загрязнена только легкими фракциями, почва со временем может самоочиститься, так как эти фракции обладают низкими температурами кипения и довольно быстро испаряются.

Тяжелые битумные фракции, которые находятся в нефти растворенными в летучих фракциях, проникают не глубже 12 см. При нормальной температуре это твердые аморфные вещества, они адсорбируются из раствора почвенными частицами верхнего слоя, склеивают их, застывают и образуют твердую корку. Такое загрязнение не может быть ликвидировано естественным путем.

Фракции нефти имеют разную токсичность. Поэтому загрязнение тяжелыми фракциями наносит косвенный вред – ухудшает или вообще делает невозможным аэрацию почвы, понижает содержание в почве кислорода, что приводит к снижению количества или вообще вымиранию аэробной части микрофлоры и, наоборот, увеличению числа анаэробов. Наиболее опасно загрязнение именно самой нефтью: при этом легкие фракции проникают вглубь, а тяжелые создают корку на поверхности, не давая первым испариться. В результате все живое в почве просто гибнет, почва теряет свои хозяйственные свойства, становится мертвой.

Ко второй группе факторов принадлежат структура почвы, гранулометрический состав, влажность почвы, активность микробиологических и биохимических процессов и др. Чем крупнее частицы почвы, тем легче нефть и нефтепродукты проходят внутрь, в ее нижние слои. От структуры почвы также зависит степень аэрации почвы, а, следовательно, интенсивность испарения и окисления нефти. Влажная почва отталкивает гидрофобные нефть и нефтепродукты, препятствуя их впитыванию.

К внешним факторам относятся температура воздуха, ветреность, уровень солнечной радиации и особенно доля ультрафиолетового излучения в свете, растительный покров и пр.

Чем выше температура воздуха, тем выше скорость окислительных процессов, посредством которых разлагается на воздухе нефть. Соответственно, в летнее время нефть быстрее разлагается: легкие фракции испаряются, тяжелые окисляются. Зимой, при отрицательной температуре, большинство тяжелых фракций переходят в твердое состояние и вообще не окисляются, поэтому основная часть процессов разложения нефти и нефтепродуктов происходит именно летом. Ветер обдувает верхний слой почвы свежим воздухом, создавая динамически повышенную концентрацию кислорода над ней, способствуя окислению. К тому же ветер создает токи воздуха в воздушной системе почвы, по крайней мере, той её части, что осталась после загрязнения. Выветривание верхнего загрязненного и окисленного слоя также содействует дальнейшему очищению. Ультрафиолетовое излучение способствует окислительным реакциям и поэтому сильно ускоряет разложение нефти на поверхности земли и особенно на водных гладях.

При сильном нефтяном загрязнении растительный покров обычно вымирает. Однако если загрязнение не очень велико, то он может способствовать очищению почвы. Образующийся от него за несколько лет растительный опад создает над загрязненным слоем чистый гумусовый слой, богатый аэробной микрофлорой, которая может вести окисление лежащих ниже нефтепродуктов.

Для охраны почв от нефтяного загрязнения требуется проведение следующих мероприятий:

- выработка норм допустимого содержания нефти и нефтепродуктов в почве;
- осуществление анализа хозяйственно важных земель (особенно вблизи нефтепроводов, химвпредприятий, буровых установок) на содержание в них нефтепродуктов;
- капитальный ремонт или закрытие перечисленных объектов, если установлено, что это предприятие, нефтепровод, буровая установка является источником нефтяного загрязнения;
- наказание лиц, ответственных за произошедшее загрязнение;
- рекультивация и санация земель, загрязненных нефтепродуктами.

Специфика загрязнения земель нефтепродуктами заключается в том, что последние долго разлагаются (десятки лет), на этих землях не растут растения и выживают немногие виды микроорганизмов. Восстановить земли можно путем удаления загрязненного почвенного слоя вместе с нефтью. Далее может следовать либо засев культурами, которые в получившихся условиях смогут дать наибольшее количество биомассы, либо завоз незагрязненной почвы.

Восстановление загрязненной нефтепродуктами земли проходит в три основных этапа:

- удаление загрязненной нефтью почвы;
- рекультивация нарушенного при этом ландшафта;
- мелиорация.

На первом этапе вывозится минимальное количество загрязненной почвы и свозится в места захоронения или используется там, где от нее не требуется плодородных свойств (нанесение дамб и т.п.).

На втором этапе производится завоз нового плодородного слоя и вскрышных пород с хорошими почвообразующими свойствами, формирование нужного рельефа. Характер проведения этих работ зависит от таких факторов, как вид последующего использования рекультивируемых площадей, климат и окружающий рельеф.

На третьем этапе, соответственно, производится приспособление к сельскохозяйственному использованию. Заключается оно, как правило, в обеспечении нужного водного режима, защите от эрозии, оползней и т.д. Третий этап не является обязательным, но поскольку восстановление земель производится в основном под сельскохозяйственные нужды, то он обычно проводится тоже.

Таким образом, нефть представляет собой смесь углеводов и их производных, в целом свыше 1000 индивидуальных органических веществ, каждое из которых может рассматриваться как самостоятельный токсикант. Основной источник загрязнения почвы нефтью – антропогенная деятельность. Загрязнение происходит в районах нефтепромыслов, нефтепроводов, а также при перевозке нефти.

Экологические последствия загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами зависят от параметров загрязнения (химическая природа загрязняющих веществ, концентрация их в почве, срок от момента загрязнения и др.), свойств почвы (структура почвы, гранулометрический состав, влажность почвы, активность микробиологических и биохимических процессов и др.) и характеристик внешней среды (температура воздуха, ветренность, уровень солнечной радиации и особенно доля ультрафиолетового излучения в свете, растительный покров и пр.). Восстановление загрязненных нефтепродуктами земель проходит либо засевом культур, устойчивых к нефтяному загрязнению, либо завозом незагрязненной почвы, что осуществляется в три основных этапа: удаление загрязненной нефтью почвы, рекультивация нарушенного ландшафта, мелиорация.

4.3. Загрязнение почв при неправильном использовании удобрений

Многочисленные исследования ученых-агрохимиков показали, что разные виды и формы минеральных удобрений неодинаково влияют на свойства почв. Внесенные в почву удобрения вступают в сложные взаимодействия с нею. Здесь происходят всевозможные превращения удобрений, которые зависят от целого ряда факторов: свойств удобрений и почвы, погодных условий, агротехники. От того, как происходит превращение отдельных видов минеральных удобрений: фосфорных, калийных, азотных и т.д., зависит влияние их на почвенное плодородие.

Отрицательное действие удобрений на окружающую среду связано прежде всего с несовершенством свойств и химического состава удобрений. Существенными недостатками многих минеральных удобрений являются наличие остаточной кислоты (свободная кислотность) вследствие технологии их производства; физиологическая кислотность и щелочность, образующаяся в результате преимущественного использования растениями из удобрений катионов или анионов. Длительное применение физиологически кислых или щелочных удобрений изменяет реакцию почвенного раствора, приводит к потерям гумуса, увеличивает подвижность и миграцию многих элементов.

К значительному недостатку многих минеральных удобрений можно отнести наличие в них тяжелых металлов (кадмия, свинца, никеля и др.). Наиболее загрязнены тяжелыми металлами фосфорные и комплексные удобрения. Это связано с тем, что практически все фосфорные руды содержат большие количества стронция, редкоземельные и радиоактивные элементы. Расширение производства и применения фосфорных и комплексных удобрений ведет к загрязнению окружающей среды соединениями фтора, мышьяка. При существующих кислотных способах переработки природного фосфатного сырья степень утилизации соединений фтора в производстве суперфосфата не превышает 20–50 %, в производстве комплексных удобрений – еще меньше. Содержание фтора в суперфосфате достигает 1–1,5, в аммофосе 3–5 %. В среднем с каждой тонной необходимого растениям фосфора на поля поступает около 160 кг фтора.

В удобрениях, в отличие от природных фосфатных руд, фтор находится в виде растворимых соединений и легко поступает в растение. Повышенное накопление фтора в растениях нарушает обмен веществ, ферментативную активность (ингибирует действие фосфатазы и др.), отрицательно действует на фото- и биосинтез белка, развитие плодов. Фтористые соединения весьма опасны для здоровья людей и животных. Повышенные дозы фтора угнетают развитие животных, при-

водят к отравлению; у человека при содержании в воде фтора больше 2 мг/л разрушается эмаль зубов, а при 8 мг/л развивается остеосклероз.

Однако важно понимать, что не сами минеральные удобрения как источники биогенных элементов загрязняют окружающую среду, а их сопутствующие компоненты.

Что происходит с удобрениями в почве?

Внесенные в почву растворимые фосфорные удобрения в значительной степени поглощаются почвой и становятся малодоступными растениям и не передвигаются по почвенному профилю. Установлено, что первая культура после внесения фосфорных удобрений использует из них всего 10–30 % P_2O_5 , а остальное количество остается в почве и претерпевает всевозможные превращения. Например, в кислых почвах фосфор суперфосфата в большей части превращается в фосфаты железа и алюминия, а в черноземных и во всех карбонатных почвах – в нерастворимые фосфаты кальция. Систематическое и длительное применение фосфорных удобрений сопровождается постепенным окультуриванием почв.

Известно, что длительное применение больших доз фосфорных удобрений может привести к так называемому «зафосфачиванию», когда почва обогащается усвояемыми фосфатами и новые порции удобрений не оказывают эффекта. В этом случае избыток фосфора в почве может нарушить соотношение между питательными веществами и иногда снижает доступность растениям цинка и железа.

Зафосфачивание почв является определенным этапом их окультуривания. Это результат неизбежного процесса накопления «остаточного» фосфора, когда удобрения вносятся в количестве, превышающем вынос фосфора с урожаем.

Как правило, этот «остаточный» фосфор удобрений отличался большей подвижностью, доступностью растениям, чем природные фосфаты почвы. При систематическом и длительном удобрении необходимо наметать соотношения между питательными элементами с учетом их остаточного действия: дозу фосфора следует уменьшать, а дозу азотных удобрений (иногда и калийных) увеличивать.

Калий удобрений, внесенный в почву, подобно фосфору не остается в неизменном виде. Часть его находится в почвенном растворе, часть переходит в поглощенно-обменное состояние, а часть превращается в необменную, малодоступную для растений форму. Накопление доступных форм калия в почве, а также их превращение в недоступное состояние в результате длительного применения калийных удобрений зависит в основном от свойств почвы и погодных условий. Так, в черноземных почвах количество усвояемых форм калия под влиянием удобрения хотя и увеличивается, но в меньшей мере, чем на дерново-подзолистых почвах, так как в черноземах калий удобрений больше

превращается в необменную форму. В зоне с большим количеством осадков и при поливном земледелии возможно вымывание калия удобрений за пределы корнеобитаемого слоя почвы.

В районах с недостаточным увлажнением, в условиях жаркого климата, где почвы периодически увлажняются и пересыхают, наблюдаются интенсивные процессы фиксации калия удобрений почвой. Под влиянием фиксации калий удобрений переходит в обменное, малодоступное растениям состояние. Большое влияние на степень фиксации калия почвами имеют тип почвенных минералов, наличие минералов, обладающих высокой фиксирующей способностью. Таковыми являются глинные минералы.

Азотные удобрения по взаимодействию с почвой значительно отличаются от фосфорных и калийных. Нитратные формы азота почвой не поглощаются, поэтому они легко могут вымываться атмосферными осадками и поливными водами.

Аммиачные формы азота поглощаются почвой, но после их нитрификации приобретают свойства нитратных удобрений. Частично аммиак может поглощаться почвой необменно. Необменный, фиксированный аммоний растениям доступен в малой степени. Кроме этого, потеря азота удобрений из почвы возможна в результате улетучивания азота в свободной форме или в виде оксидов азота. При внесении азотных удобрений резко изменяется содержание нитратов в почве, так как с удобрениями поступают наиболее легко усвояемые растениями соединения. Динамика нитратов в почве в большей мере характеризует ее плодородие.

Весьма важным свойством азотных удобрений, особенно аммиачных, является их способность мобилизации почвенных запасов, что имеет большое значение в зоне черноземных почв. Под влиянием азотных удобрений органические соединения почвы быстрее подвергаются минерализации, превращаются в легкодоступные для растений формы.

Некоторое количество питательных веществ, особенно азота в виде нитратов, хлоридов и сульфатов, может проникнуть в грунтовые воды и реки. Следствием этого является превышение норм содержания этих веществ в воде колодцев, родников, что может быть вредным для людей и животных, а также ведет к нежелательному изменению гидробиоценозов и наносит ущерб рыбному хозяйству. Миграция питательных веществ из почв в грунтовые воды в разных почвенно-климатических условиях проходит неодинаково. Кроме этого, она зависит от видов, форм, доз и сроков применяемых удобрений.

В почвах с периодически промывным водным режимом нитраты обнаруживаются до глубины 10 м и более и смыкаются с грунтовыми водами. Это свидетельствует о периодической глубокой миграции нитратов и включении их в биохимический круговорот, начальными

звеньями которого являются почва, материнская порода, грунтовые воды. Такая миграция нитратов может наблюдаться во влажные годы, когда для почв характерен промывной водный режим. Именно в эти годы возникает опасность нитратного загрязнения окружающей среды при внесении больших доз азотных удобрений под зиму. В годы с непромывным водным режимом поступление нитратов в грунтовые воды полностью прекращается, хотя остаточные следы соединений азота наблюдаются по всему профилю материнской породы до грунтовой воды. Их сохранности способствует низкая биологическая активность этой части коры выветривания.

В почвах с непромывным водным режимом (южные черноземы) загрязнение биосферы нитратами исключается. Они остаются замкнутыми в почвенном профиле и полностью включаются в биологический круговорот.

Вредное потенциальное влияние азота, вносимого с удобрениями, может быть сведено к минимуму путем максимального использования азота сельскохозяйственными культурами. Итак, нужно заботиться, чтобы при повышении доз азотных удобрений увеличивалась эффективность использования их азота растениями, чтобы не оставалось большого количества неиспользованных растениями нитратов, которые не удерживаются почвами и могут вымываться осадками из корнеобитаемого слоя.

Растения имеют свойство накапливать в своих организмах нитраты, содержащиеся в почве в избыточных количествах. Урожайность растений растет, но продукция оказывается отравленной. Особенно интенсивно аккумулируют нитраты овощные культуры, арбузы и дыни.

В России приняты предельно допустимые концентрации (ПДК) нитратов растительного происхождения. Допустимая суточная доза (ДСД) для человека составляет 5 мг на 1 кг веса.

Сами нитраты не оказывают токсичного действия, но под влиянием некоторых кишечных бактерий они могут переходить в нитриты, обладающие значительной токсичностью. Нитриты, соединяясь с гемоглобином крови, переводят его в метогемоглобин, который препятствует переносу кислорода по кровеносной системе. Развивается заболевание – метогемоглобинемия, особенно опасное для детей. Симптомы заболевания: полуобморочное состояние, рвота, диарея.

Изыскиваются новые пути уменьшения потерь питательных веществ и ограничения загрязнения ими окружающей среды. Для уменьшения потерь азота из удобрений рекомендуются медленнодействующие азотные удобрения и ингибиторы нитрификации, пленки, добавки. Вводится капсулирование тонкозернистых удобрений оболочками серы, пластика и др. Равномерное высвобождение азота из этих удобрений исключает накопление нитратов в почве. Большое зна-

чение для окружающей среды имеет применение новых высококонцентрированных комплексных минеральных удобрений. Для них характерно то, что они лишены балластных веществ (хлориды, сульфаты) или содержат их незначительное количество. Отдельные факты отрицательного влияния удобрений на окружающую среду связаны с ошибками в практике их применения, с недостаточно обоснованными способами, сроками.

Таким образом, применение минеральных удобрений является фундаментальным преобразованием в сфере производства, в частности, в земледелии, что позволило коренным образом решать проблему продовольствия и сельскохозяйственного сырья. Без применения удобрений сейчас сельское хозяйство немыслимо.

При правильной организации и контроле применения минеральные удобрения не опасны для окружающей среды, здоровья человека и животных. Оптимальные научно-обоснованные дозы увеличивают урожайность растений и повышают количество продукции. К недостатку многих удобрений можно отнести наличие в них тяжелых металлов. Особенно загрязнены ими фосфорные удобрения. Поэтому необходим тщательный сертификационный контроль. Длительное применение физиологически кислых и щелочных туков может изменить реакцию почвенного раствора. Негативные последствия может иметь избыточное применение азотных удобрений. При этом урожайность растений увеличивается, но продукция оказывается загрязненной нитратами. Особенно интенсивно аккумулируют нитраты овощные культуры, арбузы и дыни. В крови организмов, в том числе и человека, нитраты, соединяясь с гемоглобином, препятствуют переносу кислорода и вызывают тяжелое заболевание – метогемоглобинемию.

4.4. Загрязнение почв пестицидами

Необходимость применения химических средств защиты растений от вредителей и болезней определяется тем, что потери урожая без применения ядохимикатов могут составлять более 50 %.

В зависимости от назначения химические вещества подразделяются на препараты для защиты растений от вредителей и болезней, гербициды и средства предуборочной обработки культур. Первая группа – наиболее обширная и включает в себя акарициды, бактерициды, гематоциды, зооциды, лимациды, инсектициды, лаввициды, нематоциды, овициды, фунгициды и иные препараты. Чаще всего применяются инсектициды. Эти ядохимикаты могут включать в себя хлорорганические, фосфорорганические и неорганические соединения ртути, свинца, мышьяка и других элементов.

Гербициды применяются как средство избирательного уничтожения сорной растительности. Чаще всего используются различные химические препараты для защиты люцерны, кукурузы, сахарной свеклы, подсолнечника, озимой пшеницы. Из средств предуборочной обработки культур наибольшее применение нашли дефолианты и стимуляторы роста.

В целом в сельском хозяйстве России применяются сотни наименований химических средств.

Все яды, применяемые в сельском хозяйстве как средство борьбы с вредителями и болезнями растений, в большей или меньшей степени ядовиты для животных и человека. Широкое их применение оказывает всевозрастающее влияние не только на растения, но и на все живое население Земли. Примечательно, что лишь небольшая доза пестицидов достигает организмов, действительно подлежащих уничтожению. Значительная же их часть отрицательно действует на полезные организмы, в том числе обитающие в почвах. Ядохимикаты влияют на микрофлору и микрофауну почвы, вызывают заметные сдвиги в биохимических и микробиологических процессах, сопровождающихся повышенным образованием и выделением углекислого газа, аммиака, аминокислот и других продуктов метаболизма. При этом изменяется ход и интенсивность процессов распада органических веществ почвы – клетчатки, белка, сахаров. Пестициды снижают качество сельскохозяйственной продукции: ухудшаются хлебопекарные и пищевые свойства муки, повышается «водянистость» мяса. Опасность биоцидного загрязнения биосферы вообще и почв в частности усугубляется тем, что ядохимикаты обнаруживаются только трудновыполнимыми специфическими методами анализа, проявляются через заболевания и гибель организмов.

Перераспределение биоцидов по профилю и в горизонтальном направлении происходит под воздействием почвенной влаги, в результате диффузии с почвенным воздухом, в процессах сорбции и десорбции, миграции растворов, эмульсий, суспензий. Применение ядохимикатов и длительность их сохранения в почве зависят как от химического состава почв, так и от природы самих препаратов. Некоторые ядохимикаты претерпевают различные химические превращения, переходят в другие соединения, иногда более токсичные, чем исходные. Например, препарат гептохлор, являющийся сравнительно малоядовитым инсектицидом, под воздействием микроорганизмов почвы превращается в гептохлорэпатид, ядовитость которого в 4–5 раз выше.

При изучении последствий систематического применения физиологически активных соединений в биоценозах была установлена возможность их превращения в нетоксичные соединения путем полного разложения или образования нетоксичных комплексов. Это явление получило название детоксикации. Вся система использования сельско-

хозяйственных угодий должна быть направлена на полную и скорейшую детоксикацию всех биоцидов, поступающих в почвы.

Обычно выделяют группы физических, физико-химических, химических и биологических факторов детоксикации. К физическим факторам относят сорбцию биоцидов высокодисперсными минералами и органическими почвенными коллоидами. Этот процесс зависит от свойств почвы, природы и свойств адсорбента, климатических и экологических факторов. Так, внесенные в почву пестициды в период холодной и сырой погоды связываются верхним слоем почвы, поэтому предохраняются от вымывания и разложения. В период потепления они десорбируются и вновь проявляют свою активность. Спустя некоторое время после внесения пестицида в почве устанавливается равновесие между сорбированной и находящейся в растворе фракциями токсиканта. О степени десорбции токсиканта принято судить по содержанию его в жидкой фазе. К физическим факторам детоксикации относят также улетучивание и термическое разложение. Степень испарения токсикантов из почвы сильно зависит от ее влажности – сорбция легколетучих пестицидов сухой почвой гораздо выше, чем влажной. Разложение токсиканта усиливается с повышением температуры.

Из физико-химических факторов наиболее существенным является фоторазложение (фотолиз), главным действующим началом которого служат длинноволновые ультрафиолетовые лучи солнечной радиации. При этом происходит фотоокисление многих пестицидов и их метаболитов, находящихся на поверхности почвы, растений и водоемов. На втором этапе фотолитического разложения пестицида особое значение приобретает взаимодействие его с молекулами воды. Важную роль играют рН раствора, температура, состав газов, свойства присутствующих в воде соединений. Под действием коротковолновой части солнечной радиации многие фенолы и близкие им соединения способны превратиться в гидрохинон и пирокатехин, которые могут гидроксильроваться до тетраоксибензола. Последний в результате окислительного конденсирования может превращаться в стабильные полимеризованные продукты. В результате фотолиза многие пестициды трансформируются в менее токсичные продукты.

Химические превращения пестицидов в почве и водной среде в основном представляют собой гидролитические и окислительные процессы. Скорость этих процессов зависит от вида и числа атомов галогенов, длины углеводородной цепочки. Увеличение контакта токсиканта с почвой ускоряет гидролиз (например, коллоидная фракция почвы катализирует реакции пестицидов с различными активными частицами почвенных компонентов). Значительная роль в химическом разложении пестицидов принадлежит свободно-радикальным процессам. Источниками свободных радикалов в почве являются гуминовые кисло-

ты, а также смолы, пигменты, антибиотики, витамины. Экологическое превращение и разложение пестицидов в почве обусловлено главным образом микробиологической детоксикацией. Установлено, что микробиологическое разложение пестицидов является главным путем детоксикации почв, а всякая активизация микробиологической деятельности содействует исчезновению ядохимикатов из почв.

Скорость микробиологического разложения пестицидов в почве определяется содержанием гумуса, температурой и влажностью почвы, наличием подстилки, содержанием питательных веществ и другими факторами. Хорошие условия для развития почвенных микроорганизмов интенсифицируют биологическую детоксикацию пестицидов.

На скорость разложения пестицидов в почве оказывают влияние гранулометрический состав почвы, реакция ее среды, гидротермические условия. На суглинистых почвах пестициды разлагаются быстрее, чем в почвах легкого состава; хлорорганические пестициды в кислой почве сохраняются дольше, нежели в щелочной. Органическое вещество почвы связывает многие пестициды в водно-нерастворимые и малодоступные для почвенных организмов формы, вследствие чего токсиканты не подвергаются гидролизу и несмотря на высокую биологическую активность гумусированных почв сохраняются в них длительное время. Повышенная температура почвы способствует десорбции пестицидов, связанных коллоидами. На эти процессы также влияют окислительно-восстановительные условия почвы: одни пестициды быстрее метаболируются в анаэробных условиях, другие – в аэробных.

Таким образом, управлять процессами разложения пестицидов в почве можно лишь при детальном знании ее свойств и факторов, определяющих эти процессы. Поэтому меры защиты почв от накопления ядохимикатов основываются на детальном изучении свойств почв и поведения токсикантов, их биологической активности, погодноклиматических, агротехнических, геоморфологических условий. Для каждой почвенно-климатической зоны страны должны разрабатываться свои рекомендации по применению и обезвреживанию пестицидов в сельскохозяйственных угодьях с учетом остаточного токсического действия и длительности сохранения их в почве.

Частично влияние пестицидов в почве удастся регулировать агротехническими приемами – обработкой, применением орошения и удобрений, выбором сорта и культуры, способом внесения токсикантов, его глубиной, сроком. В посевах пропашных культур и на паровых участках вследствие лучшей аэрации детоксикация пестицидов, по видимому, происходит более интенсивно, чем в посевах зерновых. Здесь же необходимо отметить, что корне- и клубнеплоды поглощают и выносят ядохимикаты в больших количествах, нежели другие культуры.

Рекомендовано в ряде случаев заменять сплошную обработку посевов ленточной, которая не уступает первой по эффективности. Приняты меры ответственности за строгим соблюдением правил хранения и расходования ядохимикатов в сельском и лесном хозяйствах страны.

Однако почва – не единственный объект ландшафта, где концентрируются пестициды. Они фиксируются в грунтовых водах, родниках, открытых водоемах, накапливаются практически во всех живых организмах – растениях, животных, птицах, насекомых, в фауне водных объектов. Стала закономерностью их постоянная миграция по цепям питания организмов, включая человека.

Система использования сельскохозяйственных угодий должна быть направлена на полную и скорейшую детоксикацию всех биоцидов, поступивших в почвы. Микробиологическое разложение биоцидов – главный путь детоксикации почв, а всякая активизация микробиологической деятельности содействует исчезновению ядохимикатов из почв.

Сегодня вряд ли можно полностью отказаться от применения ядохимикатов. Но нужно быть осторожным с их дозировкой, транспортировкой, хранением и т.д. Рациональное использование пестицидов должно осуществляться путем снижения норм расхода препаратов, оптимизации сроков и способов применения, подбора препаратов, наиболее безвредных для среды и человека, сокращения обработок на основе учета экологических и экономических порогов вредности фитофагов.

В настоящее время разработаны и используются малотоксичные, высокоспецифичные и быстро деградирующие в почве пестициды нового поколения с низкой нормой расхода.

Хорошо известны биологически безвредные для здоровья людей методы борьбы с вредителями. К сожалению, их применяют крайне редко. Кроме того, ощущается острый дефицит специалистов по защите растений. Их практически нет, а экологическая безграмотность в защите растений приводит к трудно исправимым негативным последствиям.

Нельзя оставлять без внимания развивающийся сектор индивидуального садоводства, бесконтрольно поставляющий на рынки не всегда экологически чистую продукцию. Широкая пропаганда безъядохимикатного возделывания овощей и фруктов должна быть неотложной. Известны многие простые и безвредные способы защиты растений в индивидуальном секторе: это использование коровяка, настоев из побегов помидоров, ботвы картофеля, табака, различные ловушки с пахучими веществами и др.

Против колорадского жука применяется опрыскивание растений настоем зеленого перца чили, смешанного с чесноком и табаком. Против тлей, гусениц бабочек эффективен пиретрум (пудра ромашки). Ин-

сектицидными свойствами обладают препараты из лука, чеснока, жевотости, сафоры, молочая, хрена, горчицы, петрушки, белены.

Эффективны в защите растений разведение и выпуск в агроэкосистемы божьей коровки, жуужелиц, трихограммы, муравьев и других хищников и паразитов.

4.5. Радиоактивное загрязнение почв

В почвах присутствуют почти все известные в природе химические элементы, и том числе и радионуклиды.

Радионуклиды – химические элементы, способные к самопроизвольному распаду с образованием новых элементов, а также образованные изотопы любых химических элементов. Следствием ядерного распада является ионизирующая радиация в виде потока альфа-частиц (поток ядер гелия, протонов) и бета-частиц (поток электронов), нейтронов, гамма-излучение и рентгеновское излучение. Это явление получило название радиоактивность. Химические элементы, способные к самопроизвольному распаду, называются радиоактивными. Наиболее употребляемый синоним ионизирующей радиации – радиоактивное излучение.

Ионизирующее излучение – поток заряженных или нейтральных частиц и электромагнитных квантов, взаимодействие которых со средой приводит к ионизации и возбуждению ее атомов и молекул. Ионизирующие излучения имеют электромагнитную (гамма- и рентгеновское излучения) и корпускулярную (альфа-излучение, бета-излучение, нейтронное излучение) природу.

Гамма-излучение – это электромагнитное излучение, обусловленное гамма-лучами (дискретными пучками, или квантами, называемыми фотонами), если после альфа- или бета-распада ядро остается в возбужденном состоянии. Гамма-лучи в воздухе могут проходить значительные расстояния. Фотон гамма-лучей с высокой энергией может проходить сквозь тело человека. Интенсивное гамма-излучение может повредить не только кожу, но и внутренние органы, а защищают от этого излучения плотные и тяжелые материалы, железо, свинец. Гамма-излучение можно создавать искусственно в ускорителях заряженных частиц (микротрон), например тормозное гамма-излучение быстрых электронов ускорителя при их попадании на мишень.

Рентгеновское излучение аналогично гамма-излучению. Космическое рентгеновское излучение поглощается атмосферой. Рентгеновские лучи получают искусственно, они приходятся на нижнюю часть энергетического спектра электромагнитного излучения.

Радиоактивное излучение – естественный фактор в биосфере для всех живых организмов, да и сами живые организмы обладают опреде-

ленной радиоактивностью. Среди биосферных объектов почвы обладают наиболее высокой естественной степенью радиоактивности.

Однако в XX в. человечество столкнулось с уровнями радиоактивности, значительно превышающими естественную. Это связано с испытаниями ядерного оружия, авариями на объектах атомной энергетики, все возрастающим количеством радиоактивных отходов на планете. Первыми, пострадавшими от избыточных доз радиации, были великие ученые, открывшие радиоактивные элементы (радий, полоний) супруги Мария Склодовская-Кюри и Пьер Кюри. А затем: Хиросима и Нагасаки, испытания атомного и ядерного оружия, многие катастрофы, в том числе на Чернобыльской АЭС (СССР, 1986 г.), на АЭС «Фукусима-1» (Япония, 2011 г.) и т.д.

Наиболее значимыми объектами биосферы, определяющими биологические функции всего живого, являются почвы.

Радиоактивность почв обусловлена содержанием в них радионуклидов. Различают естественную и искусственную радиоактивность.

Естественная радиоактивность почв вызывается естественными радиоактивными изотопами, которые всегда в тех или иных количествах присутствуют в почвах и почвообразующих породах. Естественные радионуклиды подразделяют на три группы.

Первая группа включает радиоактивные элементы – элементы, все изотопы которых радиоактивны: уран (^{235}U), торий (^{232}Th), радий (^{226}Ra) и радон (^{222}Rn , ^{220}Rn). Во вторую группу входят изотопы «обычных» элементов, обладающие радиоактивными свойствами: калий (^{40}K), рубидий (^{87}Rb), кальций (^{48}Ca), цирконий (^{96}Zr) и др. Третью группу составляют радиоактивные изотопы, образующиеся в атмосфере под действием космических лучей: тритий (^3H), бериллий (^7Be , ^{10}Be) и углерод (^{14}C).

По способу и времени образования радионуклиды подразделяют на: первичные – образовавшиеся одновременно с образованием планеты (^{40}K , ^{48}Ca , ^{238}U); вторичные продукты распада первичных радионуклидов (всего 45 – ^{232}Th , ^{235}U , ^{220}Rn , ^{222}Rn , ^{226}Ra и др.); индуцированные – образовавшиеся под действием космических лучей и вторичных нейтронов (^{14}C , ^3H , ^{24}Na). Всего насчитывают более 300 природных радионуклидов.

Валовое содержание естественных радиоактивных изотопов в основном зависит от почвообразующих пород. Почвы, сформировавшиеся на продуктах выветривания кислых пород, содержат радиоактивных изотопов больше, чем образовавшиеся на основных и ультраосновных породах; тяжелые почвы содержат их больше, чем легкие.

Естественные радиоактивные элементы распределяются по профилю почв обычно относительно равномерно, но в некоторых случаях они

аккумулируются в иллювиальных и глеевых горизонтах. В почвах и породах они присутствуют преимущественно в прочносвязанной форме.

Искусственная радиоактивность почв обусловлена поступлением в почву радиоактивных изотопов, образующихся в результате атомных и термоядерных взрывов, в виде отходов атомной промышленности или в результате аварий на атомных предприятиях. Образование изотопов в почвах может происходить вследствие наведенной радиации. Наиболее часто искусственное радиоактивное загрязнение почв вызывают изотопы ^{238}U , ^{239}Pu , ^{129}I , ^{131}I , ^{144}Ce , ^{140}Ba , ^{106}Ru , ^{90}Sr , ^{137}Cs и др.

Экологические последствия радиоактивного загрязнения почв заключаются в следующем. Включаясь в биологический круговорот, радионуклиды через растительную и животную пищу попадают в организм человека и, накапливаясь в нем, вызывают радиоактивное облучение. Радионуклиды, подобно многим другим загрязняющим веществам, постепенно концентрируются в пищевых цепях.

В экологическом отношении наибольшую опасность представляют ^{90}Sr и ^{137}Cs . Это обусловлено длительным периодом их полураспада (28 лет ^{90}Sr и 33 года ^{137}Cs), высокой энергией излучения и способностью легко включаться в биологический круговорот, в цепи питания. Стронций по химическим свойствам близок к кальцию и входит в состав костных тканей, а цезий близок к калию и включается во многие реакции живых организмов.

Искусственные радионуклиды закрепляются в основном (до 80–90 %) в верхнем слое почвы: на целине – в слое 0–10 см, на пашне – в пахотном горизонте. Наибольшей сорбцией обладают почвы с высоким содержанием гумуса, тяжелым гранулометрическим составом, богатые монтмориллонитом и гидрослюдами, с непромывным типом водного режима. В таких почвах радионуклиды способны к миграции в незначительной степени. По степени подвижности в почвах радионуклиды образуют ряд $^{90}\text{Sr} > ^{106}\text{Ru} > ^{137}\text{Ce} > ^{129}\text{I} > ^{239}\text{Pu}$.

Скорость естественного самоочищения почв от радиоизотопов зависит от скоростей их радиоактивного распада, вертикальной и горизонтальной миграции. Период полураспада радиоактивного изотопа – время, необходимое для распада половины количества его атомов.

Действие радиации зависит от энергии излучения, т.е. числа частиц, вылетающих в единицу времени. Сила излучения измеряется в беккерелях (1 Бк = 1 распад в секунду) или кюри (1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк). Дозу излучения, поражающую организм, находят путем измерения количества поглощенной им энергии. В качестве единиц измерения радиоактивности используют также Кл/кг (1 Кл/кг = 3876 рентген); грей (1 Гр – 1 Дж/кг – 100 рад); зиверт (1 Зв – 100 бэр). В дозиметрии почв используют следующие понятия: удельная (Бк/кг), объемная (Бк/м³) и поверхностная (Бк/м²) радиационная активность. Чаще всего на прак-

тике об уровне радиоактивности судят по гамма-излучению, в силу его наибольшей проникаемости и распространяемости в окружающей среде. 1 рентген – это такая доза фотонного излучения, при которой в 1 см³ воздуха в процессе ионизации образуется $2,079 \cdot 10^9$ пар ионов каждого знака. Обычный уровень радиации в Ростовской области и Краснодарском крае составляет 10–15 мкР/час.

Радиоактивность в живых организмах обладает накопительным эффектом. Для человека величина ЛД50 (летальная доза, облучение в которой вызывает 50 %-ю гибель биообъектов) составляет 2,5–3,5 Гр.

Доза 0,25 Гр считается условно нормальной для внешнего облучения. Облучение всего тела человека дозой 0,75 Гр и облучение щитовидной железы дозой 2,5 Гр от радиоактивного йода ¹³¹I требуют мер по радиационной защите населения.

Особенность радиоактивного загрязнения почвенного покрова заключается в том, что количество радиоактивных примесей чрезвычайно мало и они не вызывают изменений основных свойств почвы – рН, соотношения элементов минерального питания, уровня плодородия. Поэтому в первую очередь следует лимитировать (нормировать) концентрации радиоактивных веществ, поступающих из почвы в продукцию растениеводства.

Поскольку в основном радионуклиды являются тяжелыми металлами, основные проблемы и пути нормирования, санации и охраны почв от загрязнения радионуклидами и тяжелыми металлами в большей степени сходны и зачастую могут рассматриваться вместе.

4.6. Биологическое загрязнение почв

Санитарно-биологическая чистота почвенного покрова – основополагающее условие оптимальной экологической ситуации для человека и животных. В то же время именно человек и животные являются первопричиной биологического загрязнения своих местообитаний, включая почвы.

По степени опасности биологическое загрязнение почв можно разделить на микробиологическое, гельминтологическое и энтомологическое.

Почва – основное место обитания микроорганизмов. Видовое разнообразие почвенной микробной биоты составляет несколько тысяч видов. Несмотря на мизерный вес ($7 \div 9 \cdot 10^{-14}$ г) общая биомасса их может достигать в целинных почвах 300–500 кг/га, а в окультуренных – 2–5 т/га.

Несмотря на то, что каждое таксономическое подразделение микроорганизмов несет определенное важное биологическое значение, многие микробы почвы являются опасными, а часто – губительными

для человека. Такие формы микробов называют патогенными. В процессе эволюционного развития и адаптации к живым организмам патогенные микроорганизмы приобрели паразитические свойства. Они связаны с растительным и животным миром, могут переходить с почвенной влагой в водоемы, воздушными потоками переноситься в атмосферу.

Болезнетворные микроорганизмы могут сохраняться в почвенной среде длительное время. Так, например, споры палочки сибирской язвы остаются жизнеспособными в почве до 15 лет. Благодаря этому почва может играть определенную эпидемиологическую роль в распространении отдельных инфекционных заболеваний. При загрязнении вместе с почвой проникают споры возбудителей газовой гангрены и столбняка. Немаловажное значение имеет почва для последовательной передачи инфекций во внешней среде, так как попавшие в нее патогенные микроорганизмы в дальнейшем распространяются через воду, растительную продукцию, вызывая холеру, дизентерию, тиф и т.д. или посредством насекомых, грызунов, скота провоцируя туляремию, чуму, сибирскую язву и т.д.

Кроме того, болезнетворные микроорганизмы вместе с пылеватыми частицами могут попадать в дыхательные пути человека, вызывая пневмонию, скарлатину, туберкулез, микозы и др.

Учитывая особое эпидемиологическое значение почвы, выявляется необходимость постоянного глубокого анализа ее санитарно-бактериологического состояния.

Почвы несут в себе высокий потенциал различных групп патогенных микроорганизмов. Особенно он велик вблизи крупных городских центров, населенных мест с развитой сельскохозяйственной промышленностью.

В значительных количествах в почвах обнаруживаются паразитарные стрептококки: гемолитический, зеленающий, негемолитический, а также энтерококки.

Наибольшее значение в патологии человека имеют гемолитические стрептококки. Входными воротами для них могут быть любое повреждение кожи, слизистой оболочки, протоки слюнных и потовых желез, волосяные мешочки. Возникшая здесь локализованная гнойно-воспалительная реакция (абсцессы, флегмоны, рожистые воспаления и др.) благодаря сильным инвазионным свойствам гемолитического стрептококка может распространяться по лимфатическим путям до регионарных лимфатических узлов, вызывая их воспаление и нагноение (лимфангоиты и лимфадениты).

В ослабленном организме стрептококки являются причиной инфекций, поражая различные органы (среднее ухо, верхние дыхательные

пути, легкие, почки и др.). При проникновении в кровь гемолитический стрептококк оказывается самым частым возбудителем сепсиса. Стрептококки, в частности зеленящий стрептококк, – наиболее частые возбудители ангин (тонзиллитов). Следствием этого заболевания могут быть тяжелые поражения клапанов сердца (эндокардиты) и ревматизм. Энтерококки могут вызывать воспалительные процессы в желчном пузыре, двенадцатиперстной кишке, мочевыводящих путях, энтероколиты у детей, эндокардиты, обуславливать инфекцию из кишечника, например холецистит, аппендицит, цистит.

Энтерококк является санитарно-показательным микроорганизмом при оценке наличия фекального загрязнения объектов внешней среды (почвы, воды, пищевых продуктов). Стрептококковыми инфекциями поражаются многие виды животных (мастит у коров, энтероколиты у собак и др.).

При загрязнении органическими веществами в почве в значительных количествах обнаруживают микроорганизмы семейства кишечных бактерий. Это семейство включает большую группу микробов, в состав которой входят патогенные, условно-патогенные и сапрофитные виды. Историческим родоначальником семейства является патогенная кишечная палочка – постоянный обитатель кишечника животных и человека, от которой в процессе эволюции паразитизма произошли все другие представители этой группы.

К патогенным бактериям семейства *Enterobacteriaceae* относятся возбудители брюшного тифа, паратифозных заболеваний и дизентерии. Несмотря на то, что все указанные бактерии отличаются неодинаковой степенью патогенности и вызывают различные заболевания, всех их объединяют общие черты.

Группа кишечных палочек включает семь видов, различающихся по своей ферментативной активности и различной степени патогенности.

Кишечная палочка относится к так называемым условно-патогенным микробам. В своей естественной среде обитания – кишечнике – она является комменсалом и, несомненно, играет положительную роль. Однако при понижении резистентности организма может проявиться патогенное действие кишечной палочки. У маленьких детей в этих случаях кишечная палочка, проникая в верхние отделы тонкого кишечника, вызывает тяжелые кишечные заболевания. Особенно велика роль ее как патогенного фактора у новорожденных, у которых она нередко является причиной токсико-септических заболеваний. Проникая из кишечника в другие органы, кишечная палочка может вызывать в них различные воспалительные процессы, иногда и сепсис. При массивном загрязнении пищевых продуктов кишечной палочкой возникают пи-

щевые отравления. В патогенезе заболеваний, вызываемых кишечной палочкой, играют роль ее токсины: термостабильный индоксил – этиотропный яд и термолабильный экзотоксин – нейротропный яд. Помимо условно патогенных кишечных палочек, вызывающих заболевания, не передающиеся от больного к здоровому, встречаются серологические типы ее, обладающие свойствами патогенных микроорганизмов. Они являются причиной кишечных заболеваний – колиэнтеритов маленьких детей, среди которых при наличии неблагоприятных санитарных условий могут возникать эпидемические вспышки.

С целью установления степени загрязненности почвы, воды, пищевых продуктов и т.д. в них определяют наличие кишечной палочки. Результаты анализа выражают в коли-титре или коли-индексе. Коли-титр – наименьшее количество субстрата (почвы, воды, пищевых продуктов), в котором содержится хотя бы одна кишечная палочка, коли-индекс – количество кишечных палочек, содержащихся в 1 г твердых веществ и в 1 л жидкости.

В почвенном «микробном депо» обнаруживают свое присутствие возбудители тифо-паратифозных и дизентерийных заболеваний.

Брюшной тиф представляет собой тяжелое заболевание, сопровождающееся длительной лихорадкой, помрачением сознания и поражением солитарных фолликулов и нейровых бляшек тонкого кишечника. Паратифозные заболевания протекают менее тяжело и менее продолжительно.

Заражение человека происходит в результате проникновения микробов в организм через рот. Микробы попадают в тонкий кишечник, из просвета тонкой кишки проникают в брыжеечные лимфатические узлы, из них – в кровь. Эта фаза совпадает с началом лихорадочного периода. В организме накапливается большое количество эндотоксинов вследствие бактерицидного действия крови и разрушения бактерий в лимфатических узлах. Эндотоксины обуславливают интоксикацию организма: тифозное состояние, повышение температуры, нарушение деятельности сердечнососудистой системы и т.д. Током крови микробы разносятся по всему организму, переходят из печени в желчный пузырь, где длительно сохраняются. Из желчного пузыря сальмонеллы вновь попадают в кишечник. Проникнув в уже сенсibilизированные и солитарные фолликулы, микробы вызывают в них аллергическую реакцию и специфические для брюшного тифа патологоанатомические изменения.

Развитие инфекционного процесса с момента возникновения вызывает ответную защитную реакцию, интенсивность которой определяет собой дальнейшее течение заболевания и тяжесть его. Заканчива-

ется заболевание фазой реконвалесценции и восстановлением физиологического равновесия организма.

При массовом загрязнении почвы, воды и продуктов создаются возможности для возникновения эпидемических вспышек. При санитарных обследованиях в почвах обнаруживаются холерные вибрионы (*Vibrio cholerae* – *asiaticus*), вызывающие острое инфекционное заболевание – холеру, – которое поражает только человека и характеризуется резко выраженным гастроэнтеритом, обезвоживанием организма и явлениями общей интоксикации. Заболевание протекает обычно очень тяжело, с высокой летальностью, достигающей до 40–50 %.

Несмотря на то, что почва не является естественной средой обитания большинства патогенных микроорганизмов, болезнетворные микробы широко распространены в почвенных субстратах, способны длительное время в них сохраняться (до нескольких лет), играя значительную роль в возникновении эпидемий.

В черноземах довольно часто распространены патогенные анаэробные и аэробные бактерии. Из группы анаэробов следует выделить возбудителей газовой гангрены – раневой инфекции, вызываемой обычно ассоциацией из нескольких видов патогенов и реже одним из них. По частоте обнаружения в почве возбудителей газовой гангрены микроорганизмы располагаются в почве в следующем порядке: 1) *Clostridium perfringens* – 100 %; 2) *Cl. oedematiens* – 64 %; 3) *Cl. septicum* – 8 %; 4) *Cl. histolyticum* – 2 %.

Заболевания возникают в результате проникновения в рану спор указанных микробов с почвой. Активно размножаясь, они образуют сильные экзотоксины. Действием токсинов-анаэробов обусловлены характерные признаки газовой гангрены – отек и газообразование в ткани, разрушение мышечной и соединительной ткани. Одновременно токсины действуют и на весь организм, вызывая общее тяжелое состояние. Проявляют свое действие и другие продукты анаэробов, а также токсические продукты тканевого разложения.

Столбняк – острая раневая инфекция, основным признаком которой является поражение нервной системы токсином возбудителя *Cl. tetani*. Заболевание возникает в результате загрязнения ран почвой, содержащей споры палочек столбняка (в военное время и при других травмах). В естественных условиях столбняком поражаются человек и лошадь, однако восприимчивы и многие другие животные: козы, собаки, кошки, лабораторные животные – морские свинки, мыши, кролики. Нечувствительны к столбнячному токсину птицы и холоднокровные животные. Однако при переохлаждении птиц и перегревании холоднокровных легко получить симптом столбняка и у них.

Другими агентами патогенной анаэробной микрофлоры, присутствующими в почве, являются бациллы ботулизма. Споры этих микробов, попав в загрязненные землей пищевые продукты, прорастают в них в условиях анаэробно-биоза в вегетативные формы, образующие экзотоксин, который вызывает отравление и поражение центральной нервной системы (черепно-мозговые нервы). Из наиболее ранних симптомов наблюдаются расстройства зрительной сферы (вялая реакция на свет, неправильная форма зрачков, двоение предметов, косоглазие, опущение века и др.), затем расстройство глотания, сиплость голоса, ослабление слуха. Одновременно наступают зрительные расстройства. В поздней стадии присоединяются нарушения, а затем паралич дыхания, являющийся причиной смерти. Летальность при ботулизме без специфического лечения достигает 85 %.

Токсины *СL.botulinum* отличаются исключительной силой, во много раз превосходящей ядовитостью все другие бактериальные токсины и химические яды. Так, в 1 г высушенного, очищенного кристаллического токсина содержится свыше 30 млн минимальных смертельных доз для человека. В мясных пищевых консервах токсин сохраняется в течение 6–8 месяцев. Ботулизмом через загрязненный корм поражаются и животные – лошади, крупный рогатый скот, свиньи, куры, утки и др.

Почвенные очаги сибирской язвы существуют в течение многих десятков лет. Вероятность активизации очагов находится в зависимости от множества факторов, в том числе и от почвенно-климатических условий. Это острое инфекционное заболевание, вызываемое аэробными сибиреязвенными бациллами (*Bac. anthracis*), поражает преимущественно травоядных животных. Человек мало восприимчив к сибирской язве. Заражение происходит при различных формах контакта с больными животными, при обработке животного сырья или употреблении в пищу зараженных продуктов животного происхождения. Сибирская язва у человека встречается в трех формах: кожной, легочной и кишечной.

Большинство микроскопических грибов, обитающих в почве, являются сапрофитами, и только немногие из них патогенны для человека и животных. Чаще всего они вызывают различные поражения кожных покровов, волос и ногтей, но встречаются виды, которые поражают внутренние органы, провоцируют аллергические заболевания. Заболевания, вызываемые грибами, носят названия микозов.

Гельминтологические показатели определяют степень фекального загрязнения почвы, т.е. позволяют оценить степень и давность загрязнения. Обнаружение большого количества яиц гельминтов указывает на недавнее загрязнение. Оценивая давность загрязнения, следует учитывать сроки развития и продолжительность выживания яиц гельмин-

тов в почве. Так, например, яйца аскарид могут сохранять жизнеспособность до 10 лет. Для других гельминтов этот срок исчисляется месяцами (3–4) или днями. Нахождение небольшого количества деформированных яиц аскарид может служить показателем, подтверждающим давнее загрязнение.

Гельминтологические исследования внешней среды используют при проведении контроля за содержанием детских, лечебных, оздоровительных учреждений, пищевых предприятий и т.д., где возможен контакт людей с загрязненной почвой (детские площадки, огороды, сады, парки, оранжереи). Эти исследования проводят также при оценке эффективности работы сооружений по обезвреживанию жидких и твердых отходов (поля ассенизации и запахивания, усовершенствованные свалки, поля компостирования, мусороперерабатывающие заводы). Санитарно-показательными гельминтами считаются аскариды, власоглавы, анкилостомы. Для некоторых районов, где отсутствуют или редко встречаются геогельминтозы, показателем фекального загрязнения может быть наличие яиц биогельминтов: онкосфертелиид, широкого лентеца и др.

Загрязнение почвы населенных мест органическими отходами ведет к размножению синантропных мух, видовой состав которых в различных климатических зонах варьирует. Во всех климатических зонах наиболее широко распространена комнатная муха. Она является переносчиком кишечных инфекций человека, как и другие виды мух: домовые, малые комнатные, падальные, серые и зеленые мясные.

Учет численности окрыленных мух можно проводить для оценки эффективности мероприятий по санитарной очистке и по борьбе с мухами. Кроме того, он дает возможность установить место вышлюда и видовой состав мух. Такой учет проводится систематически на протяжении весенне-летнего периода.

5. ПРИМЕРНАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

5.1. Название: мелиоративная оценка почв, хозяйства (титульный лист)

Министерство образования и науки
Российской Федерации
ФГБОУ «Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
Кафедра «Кадастр недвижимости и право»

Курсовой проект по почвоведению
Тема: «Мелиорация почв хозяйства «Красный путь»
Мокшанского района Пензенской области»

Выполнил студент ЗиК-11
Иванов Иван Иванович
Научный руководитель
Петров П.П.

Пенза – 2014 г.

5.2. Структура курсового проекта. Содержание основных разделов курсового проекта

Введение

Общие сведения о хозяйстве сельскохозяйственного направления по возделыванию продукции, соответствие климатических и организационно социальных условий.

Раздел 1. Краткая характеристика хозяйства

- 1.1. Климатическая характеристика хозяйства.
- 1.2. Рельеф и формы рельефа.
- 1.3. Растительность и животный мир.
- 1.4. Основные почвообразующие породы.
- 1.5. Гидрология и гидрогеология.

Раздел 2. Строение почвенного покрова

- 2.1. Характеристика основных подтипов почв.
- 2.2. Мелиоративная оценка почв.

Раздел 3. Мелиорация почв

- 3.1. Общие сведения о мелиорации почв.
- 3.2. Мелиорация конкретных почв, нуждающихся в улучшении: обследование, проекты, расчеты.

Заключение

Литература

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Актырцев, А.В. Лугово-черноземные почвы Центральной области Русской равнины [Текст] / А.В. Актырцев, П.Г. Адерихин, Б.В. Ахтырцев. – Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1981. – 170 с.
2. Вальков, В.Ф. Почвоведение [Текст] / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. – М.: Юрайт, 2012. – 527 с.
3. Гальдин, Г.Б. Агрофизическая характеристика и водный режим выщелоченных черноземов [Текст] / Г.Б. Гальдин // Повышение плодородия почв. – Приволжское книжное издательство, 1976. – 75–99 с.
4. Зонн, С.В. О некоторых дискуссионных проблемах черноземообразования [Текст] / С.В. Зонн // Почвоведение. – 1983. – №6. – 68–77 с.
5. Кузнецов, К.А. Почвы [Текст] / К.А. Кузнецов // Повышение плодородия почв. – Приволжское книжное издательство, 1975. – 21–25 с.
6. Ломов, С.П. Изменения климата в Среднем Поволжье за последние 100 лет [Текст] / С.П. Ломов, А.А. Смирнов, И.И. Кривобочек // Нива Поволжья. – 2007. – №1(ч). – 11–14 с.
7. Ломов, С.П. Почвы и климат Пензенской области [Текст] / С.П. Ломов. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 292 с.
8. Скинин, В.В. Системы оценки степени деградации почв [Текст] / В.В. Скинин и др. – М.: Препринт, 1992. – 21 с.
9. Чендев, Ю.Г. Агротехнические изменения темно-серых лесных почв Центральной лесостепи за последние 200 лет [Текст] / Ю.Г. Чендев // Почвоведение. – 1977. – №1. – 10–21 с.
10. Черноземы СССР (Поволжье и Предуралье) [Текст]. – М.: Колос, 1979.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ.....	5
1.1. История формирования климата и ландшафтов.....	5
1.2. Особенности климата и климатические ресурсы.....	6
1.2.1. Современные изменения климата.....	7
1.2.2. Цикличность климата и особенности климатических ресурсов.....	8
1.3. Основные черты рельефа.....	9
1.4. Геологическое строение и основные почвообразующие породы.....	11
1.5. Гидрологическая и гидрогеологическая характеристика территории области.....	13
1.6. Растительный покров.....	14
1.7. Животный мир.....	15
1.8. Хозяйственная деятельность и преобразование природных ландшафтов.....	16
1.8.1. Земельный фонд Пензенской области.....	16
1.8.2. История земледелия и деградации почв.....	17
2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА.....	20
2.1. Основные компоненты почвенного покрова области.....	21
2.2. Серые лесные почвы.....	21
2.2.1. Серые лесные глеевые почвы.....	22
2.2.2. Черноземы.....	23
2.2.3. Лугово-черноземные почвы.....	26
2.2.4. Луговые почвы.....	27
2.2.5. Аллювиально-луговые почвы с погребенным гумусовым горизонтом.....	27
2.2.6. Засоленные почвы.....	27
2.2.7. Солонцы.....	28
2.2.8. Солоди.....	29
2.3. Пески и песчаные почвы.....	29
3. МЕЛИОРАТИВНАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ОБЛАСТИ.....	31
3.1. Охрана почв.....	33
3.2. Классификация деградационных процессов.....	36
3.3. Водная и ветровая эрозия почв.....	38
3.4. Промышленная эрозия почв и рекультивация.....	42
3.5. Машинная деградация почв.....	45
3.6. Дегумификация почв.....	48
3.7. Засоление почв.....	50

3.8. Осолонцевание почв	54
3.9. Иссущение и опустынивание земель	56
4. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ	61
4.1. Загрязнение почв тяжелыми металлами	61
4.2. Загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами	65
4.3. Загрязнение почв при неправильном использовании удобрений.....	69
4.4. Загрязнение почв пестицидами	73
4.5. Радиоактивное загрязнение почв	78
4.6. Биологическое загрязнение почв	81
5. ПРИМЕРНАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	88
5.1. Название: мелиоративная оценка почв, хозяйства (титульный лист)	88
5.2. Структура курсового проекта. Содержание основных разделов курсового проекта	89
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	90

Учебное издание

Ломов Станислав Петрович

**ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ,
ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКА И МЕЛИОРАТИВНАЯ ОЦЕНКА**
Учебное пособие

Редактор Н.Ю. Шалимова
Верстка Н.А. Сазонова

Подписано в печать 28.01.14. Формат 60x84x/16/
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл. печ.л. 5,35. Уч.-изд.л. 5,75. Тираж 80 экз.
Заказ №56.



Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28