

Е. Н. Белоусова

СИСТЕМА РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ЗЕМЕЛЬ

Учебное пособие



Красноярск 2020

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

Е. Н. Белоусова

СИСТЕМА РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ЗЕМЕЛЬ

Рекомендовано учебно-методическим советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет» для внутривузовского использования в качестве учебного пособия по направлению подготовки 35.04.03 «Агрохимия и агропочвоведение»

Красноярск 2020

ББК 35.32я73

Б 43

Рецензенты:

Е. В. Лозневая, канд. биол. наук, консультант отдела развития растениеводства Министерства сельского хозяйства и торговли Красноярского края

Г. Д. Рудакова, канд. биол. наук, специалист-эксперт отдела государственного земельного надзора Управления Россельхознадзора по Красноярскому краю

Б 43 *Белоусова, Е. Н.*

Система рационального использования и охраны земель: учеб. пособие / Е. Н. Белоусова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2020. – 143 с.

Издание включает современные подходы и рекомендации к оценке состояния земель сельскохозяйственного назначения. Перечень заданий сопровождается методическими рекомендациями и пояснениями для их выполнения.

Предназначено для подготовки студентов магистратуры по направлению 35.04.03 «Агрохимия и агропочвоведение».

ББК 35.32я73

© Белоусова Е.Н., 2020

© ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Модуль 1. Почвенно-экологические проблемы землепользования..	6
Лабораторная работа 1. Определение степени деградации почв.....	6
Лабораторная работа 2. Определение размера ущерба, причиняемого почвам как объекту окружающей среды	18
Лабораторная работа 3. Определение степени выпахивания почв сельскохозяйственных угодий	35
Лабораторная работа 4. Оценка экологической стабильности землепользования хозяйства.....	41
Лабораторная работа 5. Определение природоёмкости природно-продуктовой системы.....	50
Семинар 1. Проблемы рационального использования почв и развития земледелия Сибири и Красноярского края.....	57
Модуль 2 Стратегии рационального использования почвенного покрова	59
Лабораторная работа 6. Проектирование почвозащитного севооборота	59
Лабораторная работа 7. Моделирование почвозащитной основной обработки почвы.....	71
Лабораторная работа 8. Рациональное распределение удобрений в севообороте	82
Семинар 2. Правила рационального использования и охраны земель сельскохозяйственного назначения.....	103
Итоговые тестовые задания	107
Заключение	112
Основные термины и понятия	113
Литература	122
Приложение	125

Введение

«Беспредельна русская равнина, бесконечны русские поля, непрестанна работа русского гражданина над родной своей нивой и только в ней лежит залог будущей мощи Российской республики. Не беден русский народ; он попирает ногами несметные богатства своей земли, и нужно только уметь и знать, как взять этот клад, а работа не страшна». **В.Р. Вильямс, 1918**

«Широко распространяет химия руки свои в дела человеческие... Куда ни посмотрим, куда ни оглянемся, везде обращаются перед очами нашими успехи ее прилежания». **М.В. Ломоносов, 1751**

В результате нерациональной хозяйственной деятельности человека (антропогенной деградации земель, дефицита продовольствия и энергии, утраты биоразнообразия и устойчивости экосистем) и климатических изменений обеспеченность человечества пригодными для земледелия почвенными ресурсами быстро уменьшается. Из имеющихся пахотных угодий в мире 33 % площадей подвергнуты деградации в сильной и средней степени. Ежегодно в глобальном масштабе в результате эрозии теряется 75 млрд т почв [Кудеяров, 2019].

В то же время растущее население Земли требует все большего количества продовольствия. По оценкам Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), в конце первой половины текущего столетия население в мире увеличится на треть, достигнув 9,7, а к 2100 г. – 11,2 млрд человек. Это означает, что при почти неувеличивающейся общей площади пахотных угодий удельная площадь пашни на одного человека в мире постоянно сокращается и в 2050 г. может составлять только 0,15 га. Невозможность прокормить население планеты, рассчитывая лишь на естественное плодородие, заставляет науку искать пути интенсификации земледелия, повышения урожайности культур, сохранения и воспроизводства почвенного плодородия.

Все возрастающая антропогенная трансформация почв требует усовершенствования систем рационального использования и охраны почв и скорейшей разработки и введения в действие юридической защиты земельного фонда природных и антропогенных экосистем.

Основная цель дисциплины состоит в ознакомлении студентов магистратуры с современными проблемами рационального природопользования и грамотной системой использования почв в современных условиях сельскохозяйственного производства, а также современными методами охраны земель. Существенное внимание уделено экологическим проблемам в биосфере и сельскохозяйственном производстве, закономерностям накопления и методам определения токсичных соединений.

Предлагаемое учебное пособие освещает общие принципы, методические подходы и механизмы расчета ряда показателей по всем направлениям данного курса. Каждая из тем сопровождается теоретическим обоснованием и ситуационными заданиями. В приложении даны вспомогательные справочные материалы. Издание содержит материалы семинарских занятий и итогового тестирования.

Дисциплина «Система рационального использования и охраны земель» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений дисциплины по выбору ФГОС ВО по направлению подготовки «Агрохимия и агропочвоведение». Объем магистерского курса составляет 3 зачетные единицы: 108 ч, из них – 14 ч лекции, 30 ч лабораторные занятия, 64 ч самостоятельная работа. Контроль учебной работы складывается из посещения лекций, выполнения ситуационных заданий и их защиты, семинаров и зачета.

Предлагаемая структура учебной дисциплины требует углубленного освоения обучающимися материала, решения ситуационных и познавательных задач. Это позволит приобрести им навыки и умения, необходимые в профессиональной деятельности.

Модуль 1

Почвенно-экологические проблемы землепользования

Лабораторная работа 1. Оценка степени деградации почв

Основные теоретические положения

«В России находятся одни из лучших земель в свете ...» [Иванов, 2014].

«Разве не поразителен тот факт, что в России, где такая масса роскошных земель, урожай наиболее распространенных хлебов – пшеницы, ржи и прочих – в два – три раза ниже, чем в Англии, Голландии, Бельгии, Франции и Германии. Неужели мы никогда не примем действенных мер к устранению этого поразительного и крайне бедственного, для России, факта...» [Иванов, 2014].

Материалы исследований Л.А. Иванова (2014) свидетельствуют об объективных вызовах и противоречиях. За последние 20 лет применение удобрений резко сократилось, баланс питательных веществ складывается с превышением расхода над приходом, что привело к развитию обратного процесса – деградации почв по агрохимическим показателям. В целом по стране возрастает количество пашни с низким содержанием фосфора и калия. Это разрушает потенциальный каркас почвы и неминуемо ведет к резкому падению продукционной способности почв.

Участие России в выполнении ряда конвенций, соглашений, вступление в ВТО, другие торгово-экономические сообщества при незавершенности реформ, несовершенстве земельных отношений и неустойчивой геополитической обстановке также представляют определенную проблему. Следование природоохранным тенденциям мирового агропроизводства подменяется экстенсивным характером отечественного – это искажает суть истинной биологизации.

В обиход вошел термин «социальное опустынивание». Если процесс консервации и возврата не будет научно регламентирован, он может привести к нарушению всей инфраструктуры села, продовольственной базы, потребует мер высокочрезвычайных и чрезвычайных.

Особым парадоксом современной России является ликвидация единой земельной службы, которая включала вертикаль органов управления, госконтроля, проектные и изыскательские институты по землеустройству, опытные системы по защите земель от природной и антропогенной деградации почвенного покрова. Заброшены и не ис-

пользуются миллионы гектаров производительных земель. Земельный баланс страны не составляется.

Правовое обеспечение землепользования направлено на рыночный земельный оборот и «насаждение» частной собственности на землю, а не на создание системы общегосударственного управления земельными богатствами страны и развитие исторически оправдавших себя в России преимуществ крупного производства перед мелким и крупных форм землепользования перед parcelлярным.

Количественные и качественные характеристики земельного фонда такого крупного субъекта, как Красноярский край, имеют большое значение для организации земле- и природопользования. Это регион с богатейшими природными ресурсами, в том числе почвенными, лесными и минеральными. Важнейшими природными ресурсами в районах Крайнего Севера являются оленьи пастбища, в таежной зоне – леса, в лесостепной и степной – земли для сельскохозяйственного использования. Добыча и переработка полезных ископаемых приводят к возникновению обширных очагов сильного загрязнения, деградации земель, выводу их из хозяйственного использования.

Деградация земель в крае приобрела очень тревожные размеры. Процессам эрозии подвержено 1249,5 тыс. га сельскохозяйственных угодий. Из них: дефляции – 663,9 тыс. га, водной эрозии – 397, 2, совместной – 188,4 тыс. га. Кислую реакцию почвенной среды имеют 3000 тыс. га земель. Площадь болот возросла за счет подтопления прилегающих к крупным водохранилищам территорий. Загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами и фтором за счет техногенных выбросов отмечается вблизи Красноярска, Ачинска, Норильска, Дивногорска, Зеленогорска, а также в Шарыповском и Ужурском районах. В северо-восточной части г. Красноярска площадь таких земель составляет 13 тыс. га.

Современное экосистемное строение земледельческой территории Красноярского края определяется интенсивным преобразованием лесостепи и степи и небольшим использованием таежной зоны. В настоящий период 22 % земледельческой территории уничтожено либо изменено хозяйственной деятельностью человека [Чупрова, 2014]. На земли, где природные экосистемы полностью разрушены, приходится 7,2 % площади, интенсивно используемые леса – 2,6, сенокосы и пастбища – 4,4 агроценозы (пашня) – 7,4 %. Наибольшие площади пашни (88 % всего пахотного фонда) находятся в лесостепи и степи, они

созданы на месте остепненных и суходольных лугов, луговых и настоящих степей. В таежной зоне пахотные массивы заместили в основном мелколиственные леса.

По мнению Ю.А. Лютых (2008), В.А. Хмелева, А.А. Танасиенко (2009), Л.А. Иванова (2014), для совершенствования земельных преобразований и создания механизмов стимулирования рационального и эффективного использования земель необходимо осуществить следующие меры:

- ✓ провести генеральное межевание земель РФ (установить и закрепить на местности границы территорий субъектов РФ, муниципальных образований, населенных пунктов, территориальных зон, зон с особыми условиями);

- ✓ систематически (раз в пять лет) проводить инвентаризацию земель для выявления неиспользуемых, нерационально используемых или используемых не по целевому назначению и не в соответствии с разрешенным использованием земельных участков, других характеристик земель (по формам собственности, категориям, угодьям, мелиоративному состоянию) и осуществлять меры по их перераспределению, организации рационального использования и охраны в порядке землеустройства;

- ✓ возобновить землеустроительные работы по проведению почвенных, геоботанических, агрохозяйственных обследований земель, оценке их качественных характеристик, актуализировать данные государственной кадастровой оценки земель, а также оценки качества земель;

- ✓ обеспечить составление целевых схем использования и охраны земель в субъектах РФ и муниципальных образованиях;

- ✓ провести зонирование сельских территорий по субъектам РФ и муниципальным образованиям по их пригодности для использования в сельском хозяйстве и на этой основе разработать правила землепользования и застройки земель сельскохозяйственного назначения, сельскохозяйственные регламенты, предельные размеры земельных участков;

- ✓ разработать нормативно-правовые акты и механизмы реализации мероприятий по экономическому стимулированию внедрения технологий сохранения почв как жизнеобеспечивающего природного ресурса.

Методология определения степени деградации

Деградация почв представляет собой совокупность процессов, приводящих к изменению функций почвы как элемента природной среды, количественному и качественному ухудшению ее свойств и режимов, снижению природно-хозяйственной значимости земель. При этом под природно-хозяйственной значимостью понимается качество земель, лимитирующее характер и эффективность их хозяйственного использования, участия почвенного покрова в обеспечении функционирования экосистем (в том числе и агроэкосистем) и существования природных ландшафтов.

Деградация земель (почв) может быть вызвана и химическим загрязнением, т.е. изменением химического состава почв под воздействием промышленности, сельского хозяйства, бытовой и иной деятельности человека, что также приводит к снижению качества земель и плодородия почв.

Таким образом, ухудшение свойств почвы как среды обитания биоты в результате воздействия природных или антропогенных факторов называется деградацией, а почвы, в которых негативные процессы природного или антропогенного характера привели к снижению производства растительной продукции или ее качества, называют деградированными.

Под степенью деградации почв и земель в целом понимается характеристика их состояния, отражающая ухудшение качества их состава и свойств. Крайней степенью деградации является уничтожение почвенного покрова.

Степень деградации почв и земель для каждого из выделенных видов деградации характеризуется (в баллах) следующими уровнями [Титова, Дабахов, 2002]:

0 – недеградированные почвы, продуктивность которых соответствует естественному плодородию (возможные отклонения в неблагоприятную сторону до 5 %);

1 – слабodeградированные почвы, возможное снижение которых не превышает 25 %;

2 – среднедеградированные почвы с падением продуктивности на 25–50 %;

3 – сильнодеградированные почвы, снижение продуктивности которых составляет 50–75 %;

4 – очень сильнодеградированные почвы, снижение продуктивности которых достигает 75 % и более.

В качестве критериев деградации почв, как правило, применяются не абсолютные значения показателей, а их изменение (кратность) по отношению к исходному или принимаемому за контроль состоянию почвы. За норму или эталон почвы при определении степени ее деградации может быть принята однотипная условно ненарушенная почва или данные предшествующих исследований.

Ниже приведена группировка показателей, в определенной степени унифицированная, не учитывающая типовых особенностей почв и предназначенная в первую очередь для принятия административных решений по использованию земель.

Сельскохозяйственные угодья 3-й и 4-й степени деградации с сильноэродированными, сильнозасоленными, сильнозаболоченными почвами, подверженные опустыниванию, имеющие просадки поверхности вследствие добычи полезных ископаемых, когда использование земель с указанными признаками деградации по целевому назначению приводит к дальнейшему развитию негативных процессов, ухудшению состояния почв и экологической обстановки, а также земли, загрязненные выше 5-го (в обязательном порядке) и 4-го уровня (в отдельных случаях по заключению специалистов), подлежат консервации.

Подготовку материалов по консервации земель осуществляют органы Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ, Комитета РФ по земельным ресурсам и землеустройству с участием Министерства сельского хозяйства и продовольствия РФ и Государственного комитета санитарно-эпидемиологического надзора Российской Федерации.

*В качестве характеристики скорости деградации почв используют величину **периода деградации***, т.е. гипотетическое время (в годах), за которое анализируемая почва пройдет по рассматриваемому показателю путь от нулевой (0) до четвертой (4) степени деградации. Таким образом, *период деградации* есть величина, обратная скорости деградации.

Величина периода деградации может иметь отрицательное значение. В таком случае речь идет не о деградации, а об улучшении почвы по рассматриваемому показателю.

При наличии нескольких факторов деградации почв установление ее степени проводится по каждому из наблюдаемых факторов.

Если деградация почвы характеризуется увеличением значения показателя (плотность почвы, количество патогенных организмов, содержание тяжелых металлов и т.д.), то период деградации T_d (год) рассчитывается по формуле

$$T_d = [(X_{\max} - X_0) \times \Delta T] / (X_1 - X_0), \quad (1)$$

где X_{\max} – значение показателя, соответствующего 4-му баллу деградации;

ΔT – временной промежуток между двумя обследованиями (в годах);

X_1 – значение критерия деградации почвы при текущем обследовании;

X_0 – предыдущее значение критерия деградации почвы.

В случае, когда деградация почвы характеризуется уменьшением значения показателя (содержание элементов питания, мощность органогенного горизонта и т.д.), период деградации определяется следующим образом:

$$T_d = [(X_0 - X_{\min}) \times \Delta T] / (X_0 - X_1), \quad (2)$$

где X_{\min} – значение показателя, соответствующее 4-му баллу деградации.

Если при определении химического загрязнения уровень содержания элемента в незагрязненной почве равен 0 (например, нефтепродуктов), то можно пользоваться следующей формулой (год):

$$T_d = X_{\max} \times \Delta T / X_1 - X_0. \quad (3)$$

В итоговой оценке степени деградации учитываются:

- процесс, имеющий наибольшую скорость деградации;
- балл степени нарушенности почвы;
- период деградации.

Методика определения степени физической деградации почв

Физическая деградация устанавливается по следующим показателям: изменение мощности гумусово-аккумулятивного горизонта, мощность абиотического (эолового, например) горизонта, плотность почвы, уровень грунтовых вод (табл. 1).

Пример расчета. Плотность чернозема выщелоченного, используемого под посевы полевых культур в течение 30 лет, равна $1,22 \text{ г/см}^3$. Плотность фоновой (нераспаханной) почвы – $0,98 \text{ г/см}^3$.

Как видим, произошло увеличение плотности почвы. Кратность увеличения составляет $1,22 / 0,98 = 1,24$. Находим по таблице 1, что это соответствует 2-му баллу деградации. Далее рассчитаем период деградации по формуле (1)

$$X_{\max} = 1,22 \times 1,4 = 1,71.$$

$$X_0 = 0,98.$$

$$\Delta T = 30.$$

$$T_d = [(1,71 - 0,98) \times 30] / (1,22 - 0,98) = 91 \text{ год}.$$

Таким образом, физическая деградация чернозема выщелоченного может быть обозначена 2^{91} . Иначе говоря, почва, имеющая в настоящий период 2-й балл деградации, через 91 год при сохранении данной тенденции достигает 4-го балла деградации.

Таблица 1 – Показатели и критерии физической деградации почв
[Титова, Дабахов, 2002]

Показатель физической деградации почв	Степень деградации, в баллах				
	0	1	2	3	4
Мощность гор. А (снижение на долю мощности)	<0,1 А	(0,1–0,2) А	(0,3–0,5) А	(0,6–1,0) А	>А
Мощность абиотического наноса, см	<1	1–3	4–10	11–20	>20
Плотность почвы (кратность увеличения)	<1,1 раза	1,1–1,2 раза	1,21–1,3 раза	1,31–1,4 раза	>1,4 раза
Уровень грунтовых вод (превышение критического УГВ),%	Ниже критического	0–15	16–30	31–50	>50

Методика определения степени химической деградации почв

Химическую деградацию почвы оценивают по изменению содержания гумуса, валовых и подвижных форм питательных элементов, легкорастворимых солей, обменного натрия, величины окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) (табл. 2).

Таблица 2 – Показатели и критерии химической деградации почв
[Титова, Дабахов, 2002]

Показатель химической деградации почв	Степень деградации, баллы				
	0	1	2	3	4
Содержание питательных элементов (кратность снижения)	< 1,3	1,2–1,5	1,6–2,0	2,1–5,0	> 5,0
Содержание гумуса (кратность снижения)	< 1,2	1,2–1,4	1,5–1,7	1,8–2,0	> 2,0
Содержание легкорастворимых солей (увеличение в %)	< 0,10	0,11–0,20	0,21–0,40	0,41–0,80	> 0,81
Содержание обменного натрия (увеличение на % от ЕКО)	< 5	5–10	11–25	26–50	> 50
ОВП почвы (уменьшение, мв)	< 50	51–100	101–200	201–400	> 400

Пример расчета. В серой лесной почве по результатам 1-го тура обследования содержалось 4,2 % гумуса, 0,225 % валового P_2O_5 и 1,650 % валового K_2O . Через 10 лет (данные 2-го тура обследования) содержание гумуса снизилось до 3,9 %, валового фосфора – до 1,400 %, а валового калия – не изменилось. По этим данным можно сказать, что произошло незначительное ухудшение питательных свойств почвы.

Определим степень и период деградации по содержанию гумуса. Кратность снижения составила $4,2 / 3,9 = 1,08$, что соответствует 0-й степени деградации. Однако при сохранении тенденции уменьшения содержания гумуса почва со временем может перейти в разряд деградированной. Поэтому рассчитаем период деградации по формуле (2)

$$X_{\min} = 4,2 / 2 = 2,1.$$

$$X_0 = 4,2.$$

$$X_1 = 3,9.$$

$$\Delta T = 10.$$

$$T_d = [(4,2 - 2,1) \times 10] / (4,2 - 3,9) = 70 \text{ лет.}$$

Значит, при сохранении имеющейся тенденции уже через 70 лет почва перейдет в разряд очень сильно деградированной. Химическая деградация серой лесной почвы по гумусу может быть обозначена 0^{70} .

Материалы и оборудование: рабочая тетрадь, учебное пособие, калькулятор, карточки-задания.

Задание

1. Определите степень и период физической и химической деградации почв.

2. На основании выполненных в тетради расчетов сформулируйте выводы по оценке и прогнозу деградации почв. Предложите комплекс мероприятий по устранению причин и последствий выявленного процесса. Работу защитите у преподавателя.

Задачи

Рассчитайте степень и период физической деградации почв

1. Плотность горизонта A_1 серой почвы Сухобузимского района в целинном состоянии (под сосновым лесом) составляла $1,43 \text{ г/см}^3$, плотность сложения почвы, вовлеченной в пашню, – $1,37 \text{ г/см}^3$. Период использования почвы под пашню 45 лет.

2. Мощность горизонта A_1 темно-серой лесной почвы до распашки была равна 28 см, плотность сложения этого горизонта – $1,01 \text{ г/см}^3$. В течение 17 лет использования, в результате эрозионных процессов, мощность горизонта A_1 уменьшилась до 24 см, а плотность увеличилась до $1,27 \text{ г/см}^3$.

3. Мощность горизонта A чернозема южного на пахотном массиве Богградского района составляла 33 см, а на целине – 37 см. Период использования почвы в пашне 55 лет.

4. В результате дефляции на поверхности гумусового горизонта мощностью 17 см сформировался эоловый слой мощностью 7 см. Мощность гумусового горизонта фоновой почвы равна 20 см.

5. Исследования проводились в Усть-Абаканском районе. В результате орошения каштановой почвы отмечено повышение уровня грунтовых вод на 13 см. На контрольном участке (без орошения) уровень грунтовых вод равен 7 м.

6. В результате орошения чернозема обыкновенного выявлено увеличение гумусового горизонта на 4 см, плотности сложения этого

горизонта – на $0,12 \text{ г/см}^3$. По данным предыдущих исследований мощность горизонта была равна 19 см, а плотность сложения – $1,02 \text{ г/см}^3$.

7. Исходное состояние чернозема выщелоченного: мощность горизонта А – 31 см, плотность сложения – $0,98 \text{ г/см}^3$. Через 16 лет использования показатели изменились: мощность горизонта А увеличилась на 2,5 см, плотность сложения увеличилась на $0,15 \text{ г/см}^3$.

8. В результате использования черноземно-луговой почвы под пастбище в Балахтинском районе отмечено уменьшение мощности гумусового горизонта на 9 см, увеличение плотности сложения на $0,27 \text{ г/см}^3$, повышение уровня грунтовых вод на 0,7 м. Время использования почвы – 45 лет. Показатели исходной почвы: мощность гумусового горизонта – 44 см, плотность сложения – $1,00 \text{ г/см}^3$, уровень грунтовых вод – 3,3 м.

9. По данным исследования в 1977 г., чернозем обыкновенный на пашне Таштыпского района характеризовался следующими показателями: мощность горизонта А – 25 см, плотность – $1,15 \text{ г/см}^3$. По результатам исследования в 2008 г. обнаружено появление песчано-пылеватого слоя мощностью 4-6 см на поверхности гумусового горизонта, уплотнение нижней части пахотного слоя до $1,28 \text{ г/см}^3$.

10. На 25-летней залежи Аскизского района мощность гумусового горизонта темнокаштановой почвы составляет 42 см, плотность сложения – $0,99 \text{ г/см}^3$. В фоновой почве эти показатели равны 29 см и $1,18 \text{ г/см}^3$ соответственно.

11. На орошаемой пашне Бейского района с темнокаштановыми почвами уровень грунтовых вод находится на глубине 22 м, плотность сложения составила $1,31 \text{ г/см}^3$. Через 20 лет после прекращения орошения отмечено понижение уровня грунтовых вод на 6 м и увеличение плотности на $0,16 \text{ г/см}^3$.

12. В пахотной серой лесной почве Березовского района на контрольном варианте определено: мощность горизонта А – 24 см, плотность сложения – $1,34 \text{ г/см}^3$. В варианте с длительным внесением органических удобрений (18 лет) мощность гумусового горизонта увеличилась на 6 см, плотность почвы уменьшилась до $1,05 \text{ г/см}^3$.

13. В Алтайском районе в результате дефляции мощность гумусового горизонта чернозема обыкновенного уменьшилась на 7 см. Период наблюдений – 30 лет. Мощность этого горизонта в фоновой почве составляет 44 см.

14. Плотность сложения темно-серой почвы в рекреационной зоне Минусинского ленточного бора равна $1,46 \text{ г/см}^3$, фоновой, не испытывающей рекреационную нагрузку, – $1,17 \text{ г/см}^3$. Период рекреационного воздействия – 55 лет.

15. На 18-летнем залежном массиве мощность гумусового горизонта каштановой почвы равна 28 см, плотность сложения – $1,25 \text{ г/см}^3$. Пашня на аналогичной почве характеризовалась: мощность гумусового горизонта – 25 см, плотность – $1,11 \text{ г/см}^3$.

Рассчитайте степень и период химической деградации почв

1. Результаты наблюдений выявили, что сельскохозяйственное использование агросерых почв сопровождается следующими изменениями свойств: содержание гумуса в горизонте A_1 целинной почвы (березовый лес) составило 7,9 %, валового азота – 0,4, фосфора – 0,36, калия – 1,06 %. Через 31 год отмечено уменьшение содержания гумуса до 3,58 %, валового азота – 0,16, фосфора – 0,46, калия – 1,04 %.

2. Содержание гумуса в горизонте А чернозема южного на пахотном массиве равно 7,8 %, а на целине – 8,7 %. Период использования почвы под пашню 38 лет.

3. Содержание легкорастворимых солей в гумусовом горизонте каштановой солончаковой почвы равняется 0,55 %. В результате длительного, но бессистемного орошения в течение 33 лет концентрация легкорастворимых солей возросла до 0,98 %.

4. В горизонте В чернозема обыкновенного на орошаемой пашне обнаружено увеличение обменного натрия до 7 м-экв/100 г по сравнению с аналогичным черноземом на разнотравно-злаковом фитоценозе, в котором содержание обменного натрия не превышало 0,7 м-экв/100 г. Период использования почвы 58 лет.

5. Залежь 15 лет на каштановой почве: содержание гумуса 3,5 %, легкорастворимых солей – 0,95 %, обменного натрия – 6,8 м-экв/100 г. Пашня на аналогичной почве: содержание гумуса – 3,1 %, легкорастворимых солей – 0,66 %, обменного натрия – 8,3 м-экв/100 г.

6. Чернозем выщелоченный в начале исследований характеризовался следующими показателями: содержание гумуса – 8,5 %, валового азота – 0,45 %, подвижного фосфора – 40 мг/кг, обменного натрия – 22 мг/100 г. Результаты исследования через 15 лет выявили снижение содержания гумуса на 0,23 %, валового азота – на 0,09 %, подвижного фосфора – на 10 %, обменного натрия – на 10 %.

подвижного фосфора – на 8 мг/100 г и увеличение обменного натрия на 4 мг/100 г.

7. Данные обследования выявили, что содержание гумуса в горизонте A_1 дерново-подзолистой почвы до распашки (в 1974 г.) составляло 4,7 %, после распашки – 3,8 %. Период использования почвы под пашню – 42 года.

8. Длительное использование черноземов обыкновенных в пашне в течение 50 лет привело к уменьшению содержания гумуса в горизонте А до 6,8 %. В почве залежи количество гумуса составляло 9,9 %.

9. Освоение и последующее использование светло-серых лесных почв в качестве пашни привели к снижению содержания гумуса в горизонте A_1 до 3,3 %, на целинном варианте до 5,7 %.

10. Распашка и 40-летнее использование в богаре каштановой почвы обнаружило уменьшение содержания гумуса в горизонте А – до 3,26 % валового азота – до 0,25 %, фосфора – до 31 мг/кг. Исходные данные почв: содержание гумуса 5,01 %, отмечено увеличение валового азота на 0,08 %, фосфора – на 15 мг/кг.

11. Изучение влияния раскорчевки, распашки и сельскохозяйственного использования серых почв выявило, что содержание гумуса в горизонте A_1 целинной почвы (сосновый лес) равно 8,5 %, валового азота – 0,44, фосфора – 0,36, калия – 1,03 %. Через 36 лет отмечено уменьшение содержания гумуса до 3,4 %, валового азота – 0,21, фосфора – 0,42, калия – до 1,04 %.

12. По данным 1-го тура обследования обнаружено, что содержание гумуса в агросерой почве равно 4,7 %, валового азота – 0,25 %, обменного калия – 23 мг/100 г. Через 10 лет, по данным 2-го тура обследования, отмечено уменьшение гумуса на 1 %, валового азота – 0,08 %, обменного калия – на 15 мг/100 г.

13. В насыпном гумусовом горизонте гидроотвала угольного разреза «Назаровский» содержится 6,7 % гумуса, 0,39 валового азота, 0,37 % легкорастворимых солей. В гумусовом горизонте ненарушенной (фоновой) почвы (чернозем выщелоченный) содержится 7,5 % гумуса, 0,43 валового азота, 0,09 % легкорастворимых солей.

14. Значение ОВП в гумусовом горизонте пойменной почвы, используемой под пастбище, равняется 550 мВ. Это на 57 мВ меньше, чем в гумусовом горизонте аналогичной почвы, используемой под сенокос.

15. В пахотном слое каштановой почвы содержание легкорастворимых солей не превышает 0,77 %, обменного натрия – 5 м-экв/100 г. В гумусовом горизонте каштановой почвы, используемой под пастбище, отмечено увеличение степени засоления на 0,55 %, количества обменного натрия – на 4 м-экв/100 г.

Лабораторная работа 2. Определение размера ущерба, причиняемого почвам как объекту окружающей среды

Основные теоретические положения

В настоящее время стоимостная оценка вреда, причиненного почвам, регламентируется «Методикой исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды», утвержденной Приказом Минприроды РФ от 8 июля 2010 г. № 238 (ред. от 11.07.2018).

Методика применяется для расчета в стоимостной форме размера вреда, причиненного почвам, в следующих случаях негативного воздействия на почвы:

- химическое загрязнение почв, приводящее к несоблюдению нормативов качества окружающей среды, включая нормативы предельно (ориентировочно) допустимых концентраций химических веществ в почвах;
- несанкционированное размещение отходов производства и потребления;
- порча почв в результате самовольного (незаконного) перекрытия ее поверхности, а также почвенного профиля искусственными покрытиями и (или) линейными объектами.

Методика не распространяется на случаи загрязнения почв радиоактивными веществами, а также на случаи несанкционированного размещения радиоактивных отходов, биологических отходов, отходов лечебно-профилактических учреждений.

Исчисление в стоимостной форме размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, осуществляется по формуле

$$УЩ = УЩ_{\text{загр}} + УЩ_{\text{отх}} + УЩ_{\text{перекр}} + УЩ_{\text{сн}} + УЩ_{\text{уничт}},$$

где $УЩ_{загр}$ – размер вреда при химическом загрязнении почв, руб.;

$УЩ_{отх}$ – размер вреда в результате несанкционированного размещения отходов производства и потребления, руб.;

$УЩ_{порч}$ – размер вреда при порче почв в результате самовольного (незаконного) перекрытия поверхности почв, а также почвенного профиля искусственными покрытиями и (или) линейными объектами, руб.;

$УЩ_{сн}$ – размер вреда в результате порчи почв при снятии плодородного слоя почвы, руб.;

$УЩ_{уничт}$ – размер вреда в результате уничтожения плодородного слоя почвы, руб.

Исчисление в стоимостной форме размера вреда при химическом загрязнении почв осуществляется по формуле

$$УЩ_{загр} = СЗ \times S \times K_r \times K_{исх} \times T_x,$$

где $УЩ_{загр}$ – размер вреда, руб.;

$СЗ$ – степень химического загрязнения;

S – площадь загрязненного участка, $м^2$;

K_r – показатель глубины химического загрязнения или порчи почв;

$K_{исх}$ – показатель категории земель и целевого назначения, на которой расположен загрязненный участок;

T_x – такса для исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту окружающей среды, при химическом загрязнении почв, определяется согласно данным таблицы 2 (руб/ $м^2$).

Степень химического загрязнения зависит от соотношения фактического содержания i -го химического вещества в почве к нормативу качества окружающей среды для почв.

Соотношение (C) фактического содержания i -го химического вещества в почве с нормативом качества окружающей среды для почв определяется по формуле

$$C = \sum_{i=1} X_i \div X_n,$$

где X_i – фактическое содержание i -го химического вещества в почве, мг/кг;

X_n – норматив качества окружающей среды для почв, мг/кг.

При отсутствии установленного норматива качества окружающей среды для почв (для конкретного химического вещества) в качестве значения X_n применяется значение концентрации этого химического вещества на сопредельной территории аналогичного целевого назначения и вида использования, не испытывающей негативного воздействия от данного вида нарушения:

- при значении (С) < 5 СХВ принимается равным 1,5;
- при значении (С) от 5 до 10 СХВ принимается равным 2,0;
- при значении (С) от > 10 до 20 СХВ принимается равным 3,0;
- при значении (С) от > 20 до 30 СХВ принимается равным 4,0;
- при значении (С) от > 30 до 50 СХВ принимается равным 5,0;
- при значении (С) > 50 СХВ принимается равным 6,0.

Величина показателя, учитывающего глубину загрязнения почв (K_r), определяется в соответствии с максимальной фактической глубиной загрязнения почв, которая не может превышать значения мощности почв в зависимости от приуроченности земельного участка к лесорастительным зонам и земельным участкам, расположенным севернее зоны притундровых лесов и редкостойной тайги, установленные в таблице 5.

Показатель глубины химического загрязнения или порчи почв (K_r) рассчитывается в соответствии с фактической глубиной химического загрязнения или порчи почв:

- при глубине химического загрязнения или порчи почв до 20 см (K_r) принимается равным 1;
- до 50 см (K_r) принимается равным 1,3;
- до 100 см (K_r) принимается равным 1,5;
- до 150 см (K_r) принимается равным 1,7;
- более 150 см (K_r) принимается равным 2,0.

Показатель категории земель и целевого назначения ($K_{исх}$) определяется исходя из категории земель и целевого назначения:

- для земель особо охраняемых территорий ($K_{исх}$) составляет 2;
- мохово-лишайниковых оленьих и лугово-разнотравных горных пастбищ в составе земель всех категорий ($K_{исх}$) – 1,9;
- водоохраных зон в составе земель всех категорий ($K_{исх}$) – 1,8;
- сельскохозяйственных угодий в составе земель сельскохозяйственного назначения ($K_{исх}$) – 1,6;

- облесенных территорий в составе земель всех категорий ($K_{исх}$) – 1,5;
- земель населенных пунктов (за исключением земельных участков, отнесенных к территориальным зонам производственного, специального назначения, инженерных и транспортных инфраструктур, военных объектов) ($K_{исх}$) – 1,3;
- остальных категорий и видов целевого назначения ($K_{исх}$) – 1,0.

Если территория одновременно может быть отнесена к нескольким видам целевого назначения, приведенным в таблице, то в расчетах используется коэффициент $K_{исх}$ с максимальным значением.

Исчисление в стоимостной форме размера вреда в результате несанкционированного размещения отходов производства и потребления осуществляется по формуле

$$УЩ_{отх} = \sum_{n_i=1} (M_i \times T_{отх}) \times K_{исх},$$

где $УЩ_{отх}$ – размер вреда, руб.;

M_i – масса отходов с одинаковым классом опасности, т;

n – количество видов отходов, сгруппированных по классам опасности в пределах одного участка, на котором выявлено несанкционированное размещение отходов производства и потребления;

$K_{исх}$ – показатель категории земель целевого назначения, на которых расположен загрязненный участок;

$T_{отх}$ – такса для исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту окружающей среды при деградации почв в результате несанкционированного размещения отходов производства и потребления, определяется согласно таблице 4 (руб/т).

Исчисление в стоимостной форме размера вреда в результате порчи почв при перекрытии ее поверхности, возникшего при перекрытии искусственными покрытиями и (или) объектами (в том числе линейными), осуществляется по формуле

$$УЩ_{перекр} = S \times Kr \times K_{исх} \times Tx,$$

где $УЩ_{перекр}$ – размер вреда, руб.;

S – площадь участка, на котором обнаружена порча почв, м²;

K_r – показатель глубины химического загрязнения или порчи почв;

$K_{исх}$ – показатель категории земель и целевого назначения, на которой расположен загрязненный участок;

T_x – такса для исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту окружающей среды, при порче почв определяется согласно таблице 3, руб/м².

Таблица 3 – Такса (T_x) для исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту окружающей среды при химическом загрязнении, порче и уничтожении плодородного слоя почв

Приуроченность участка распространения почв, которым причинен вред, к лесорастительным зонам и земельным участкам, расположенным севернее зоны притундровых лесов и редкостойной тайги	Такса, руб/м ²
Земельные участки, расположенные севернее зоны притундровых лесов и редкостойной тайги	1000
Зона притундровых лесов и редкостойной тайги	900
Таежная зона	500
Зона хвойно-широколиственных лесов	400
Лесостепная зона	500
Степная зона	600
Зона полупустынь и пустынь	550
Зона горного Северного Кавказа и горного Крыма	700
Южно-Сибирская горная зона	700

Таблица 4 – Такса ($T_{отх}$) для исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту окружающей среды в результате несанкционированного размещения отходов производства потребления, руб/т

Класс опасности i-го вида отхода	Такса, руб/т
1	35 000
2	30 000
3	20 000
4	5 000
5	4 000

Таблица 5 – Мощность почвы в зависимости от приуроченности земельного участка к лесорастительным зонам и земельным участкам, расположенным севернее зоны притундровых лесов и редкостойной тайги

Приуроченность земельного участка к лесорастительным зонам и земельным участкам, расположенным севернее зоны притундровых лесов и редкостойной тайги	Мощность, см
Земельные участки, расположенные севернее зоны притундровых лесов и редкостойной тайги	150
Зона притундровых лесов и редкостойной тайги	150
Таежная зона	200
Зона хвойно-широколиственных лесов	150
Лесостепная зона	200
Степная зона	250
Зона полупустынь и пустынь	170
Зона горного Северного Кавказа и горного Крыма	150
Южно-Сибирская горная зона	200

Исчисление в стоимостной форме размера вреда в результате порчи почв при снятии плодородного слоя почвы осуществляется по формуле

$$УЩ_{\text{сн}} = S \times K_{\text{исп}} \times T_x,$$

где $УЩ_{\text{сн}}$ – размер вреда, руб.;

S – площадь участка, на котором обнаружена порча почв при снятии плодородного слоя почвы, м^2 ;

$K_{\text{исп}}$ – показатель, учитывающий категорию земель и вид разрешенного использования земельного участка;

T_x – такса для исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, при порче почв определяется согласно таблице 3 (руб./ м^2).

Исчисление в стоимостной форме размера вреда в результате уничтожения плодородного слоя почвы осуществляется по формуле

$$УЩ_{\text{уничт}} = 25 \times S \times K_{\text{исп}} \times T_x,$$

где $УЩ_{уничт}$ – размер вреда, руб.;

S – площадь участка, на котором обнаружено уничтожение плодородного слоя почвы, $м^2$;

$K_{исп}$ – показатель, учитывающий категорию земель и вид разрешенного использования земельного участка;

T_x – такса для исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, при уничтожении плодородного слоя почв (руб/ $м^2$).

Мероприятия по мелиорации загрязненных территорий

Борьба с загрязнением почв включает в себя два направления. Первый из них – предотвращение поступления токсикантов в почву. Загрязнение почв может быть предотвращено за счет совершенствования технологий промышленного производства, создания замкнутых технологических систем, а также ограничения использования в сельском хозяйстве осадков сточных вод, компостов из бытового мусора, органических и минеральных удобрений, имеющих в своем составе высокие концентрации тяжелых металлов.

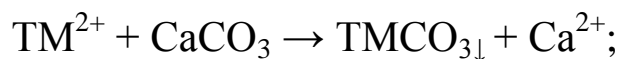
Второй путь – борьба с уже существующим загрязнением. Применительно к тяжелым металлам в этом направлении можно рекомендовать технологии, направленные на перевод подвижных форм токсикантов в нерастворимые (недоступные растениям) соединения.

Способность почв к связыванию токсикантов может быть усилена с помощью ряда агрохимических и агромелиоративных приемов. Для этой цели используются известкование, внесение органических удобрений, искусственных и природных сорбентов. Все эти приемы направлены на улучшение таких показателей, как гумусированность, структурное состояние, емкость катионного обмена, реакция среды, что ведет к окультуриванию почв и общему повышению их плодородия. Однако в редких случаях, при крайне высоком уровне загрязнения, могут быть использованы и механические приемы по удалению, засыпке, запахиванию загрязненного слоя, а также вывод земель из сельскохозяйственного использования. В некоторых случаях хороших результатов позволяет достичь применение фитомелиорации (фитоэкстракции).

Защитное действие *известки* на почвах, имеющих высокий уровень содержания токсичных элементов, проявляется в виде позитивных изменений в почвенной системе на разных уровнях – химиче-

ском, физическом и биологическом [Алексеев, 1987] – и выражается следующими закономерностями:

- известковые материалы образуют с катионами тяжелых металлов труднорастворимые соли



- при нейтрализации почвенной среды увеличивается катионообменная емкость почвы, возрастает прочность металлоорганических комплексов, усиливаются некоторые физико-химические и химические процессы, способствующие сорбции металлов, следовательно, увеличивается специфическое и неспецифическое поглощение тяжелых металлов;

- нейтральная или близкая к нейтральной реакция среды стимулирует активность почвенной микрофлоры, способной включать катионы тяжелых металлов в состав своей биомассы. Если процесс образования органического вещества идет интенсивнее минерализации, происходит долговременное закрепление токсичных элементов;

- поступающий в почву в результате известкования кальций улучшает физические свойства почв: способствуя коагуляции почвенных коллоидов, он укрепляет структуру почвы, улучшает водопроницаемость и водоудерживающую способность;

- кальций и другие катионы, содержащиеся в известковых материалах, являются антагонистами катионов тяжелых металлов при поступлении в растение.

Согласно результатам многочисленных исследований, растения, выращенные на известкованном фоне, имеют более низкий уровень содержания тяжелых металлов, чем на неизвесткованном. По данным ВИУА, увеличение значения рН на 1,8–2 единицы снижает подвижность кадмия в 4–8 раз, свинца – в 3–6 раз. Установлено, что уровень реакции почвенного раствора, обеспечивающий наименьшую растворимость тяжелых металлов, равен 6,5.

При химической мелиорации загрязненных почв можно применять любые известковые удобрения с учетом активно действующего вещества в них, а также при обязательном контроле за содержанием токсичных примесей.

В то же время при планировании мероприятий по химической мелиорации загрязненных почв необходимо принимать во внимание свойства металлов, почв и выращиваемых культур.

Влияние реакции среды на подвижность отдельных тяжелых металлов различно. Подвижность хрома и молибдена, в отличие от других металлов, при взаимодействии с известью будет однозначно увеличиваться, что необходимо принимать во внимание при известковании почв с высоким содержанием данных металлов.

Снижение степени подвижности других металлов при известковании также достаточно различно. Если в отношении свинца, меди, никеля и других малоподвижных металлов известкование является весьма действенным приемом, то в отношении кадмия, как показывают экспериментальные данные, результаты не столь однозначны.

Как правило, фитотоксический эффект при внесении агрономически обоснованной дозы извести (5 т/га) снимается практически в любом случае, однако уровень содержания металлов (особенно кадмия) в растениях все-таки может превышать санитарно-гигиенические нормы. В этих случаях прибегают к повышенным нормам извести: используют в 2, 3 и более раз превышающие нормы, рассчитанные по полной гидролитической кислотности (10, 15, 20 т/га), хотя и это может оказаться недостаточно эффективным приемом.

Одним из важных свойств почвы является ее буферность, т.е. способность сопротивляться внешним воздействиям (например, подкислению). В наибольшей степени этой способностью обладают почвы с тяжелым гранулометрическим составом и высоким содержанием гумуса. Однако буферность почвы противостоит также и нейтрализующему воздействию (то есть известкованию), и это надо учитывать при расчете дозы извести, необходимой для химической мелиорации загрязненных тяжелыми металлами почв.

Для снижения подвижности металлов в кислой дерново-подзолистой песчаной и супесчаной почве, как правило, достаточно дозы извести, рассчитанной по гидролитической кислотности (~5 т/га). Если почва имеет тяжелосуглинистый и глинистый гранулометрический состав, доза должна быть увеличена.

При высоком уровне загрязнения на почвах с тяжелым гранулометрическим составом и слабокислой или близкой к нейтральной реакцией среды известкование мало эффективно, что требует применения дополнительных мероприятий по детоксикации почв.

Растения обладают различной реакцией на известкование, особенно сверхвысокими дозами известковых материалов, которые обычно рекомендуются при мелиорации загрязненных металлами почв. В связи с этим некоторые культуры могут страдать от недос-

татка ряда элементов в почве (бора и др.). В частности, к чувствительным к известкованию культурам относятся картофель и лен.

Таким образом, известкование не является универсальным приемом. В ряде случаев для полной детоксикации тяжелых металлов необходимо внесение сверхвысоких доз известкового материала, что не всегда экономически оправдано и, кроме того, у некоторых культур может вызвать отрицательную реакцию.

Известкование нецелесообразно на слабокислых и нейтральных почвах, а также на почвах тяжелого гранулометрического состава. При известковании необходимо обследование почв на предмет содержания в них повышенных количеств хрома и молибдена. Эти элементы более подвижны в нейтральной и слабощелочной среде, чем в кислой, и известкование почв, имеющих повышенные концентрации данных элементов, может сделать их непригодными для выращивания сельскохозяйственных культур [Алексеев, 1987].

В случаях, когда известкование оказывается недостаточно эффективным, следует прибегать к другим приемам.

Наименее устойчивыми к загрязнению являются малогумусированные низкоплодородные почвы со слабой буферной способностью. Внесение *органических удобрений*, способствуя улучшению почвенного плодородия (повышается биологическая активность, увеличивается запас питательных элементов, емкость катионного обмена, улучшаются водно-физические свойства почв), приводит обычно к повышению устойчивости почв к антропогенному воздействию. Компоненты органических удобрений при этом, образуя с ионами тяжелых металлов органо-минеральные соединения различной природы, снижают их подвижность.

Однако эффект от применения различных видов органических удобрений неоднозначен. Большое влияние на подвижность тяжелых металлов оказывает степень разложенности органических удобрений. Так, сразу после внесения в почву неразложившейся соломы происходит повышение подвижности тяжелых металлов за счет образования низкомолекулярных растворимых органо-минеральных комплексов. Затем, по мере разложения органического вещества, начинает проявляться иммобилизирующий эффект [Сизов и др., 1990].

По способности различных органических удобрений снижать доступность растениям кадмия, по данным итальянских исследователей, преимущество имеют (в нисходящем порядке): навоз крупного рогатого скота, осадок сточных вод, птичий помет, компост из быто-

вого мусора, свиной навоз, ржаная солома [Сизов и др., 1990]. В опытах по сравнительному изучению перепревшего навоза, свежего навоза, зеленого удобрения и торфа в эквивалентных дозах подвижность свинца наиболее эффективно ограничивал торф.

Таким образом, учитывая, что применение оптимальных доз органических удобрений улучшает гумусное состояние почвы, а гумус играет важную роль в связывании токсичных металлов, можно однозначно рекомендовать этот прием. Однако положительный результат при этом, скорее всего, проявится лишь через некоторое время, поэтому внесение органических удобрений необходимо применять в комплексе с другими мероприятиями (известкование, фосфоритование, внесение сорбентов и др.).

Из ряда органических удобрений лучше всего применять торф и торфонавозные компосты с высокой степенью разложенности. Солома и слаборазложенный навоз через некоторое время также дадут положительный эффект, но для его ускорения их лучше подвергнуть компостированию, что благоприятно и с агрохимической точки зрения.

Использование природных и искусственных сорбентов

Помимо известкования и внесения органических удобрений существует ряд других приемов, направленных на сокращение поступления тяжелых металлов в растения. Одним из перспективных природных сорбентов считается цеолит [Сизов и др., 1990]. Цеолиты – это природные гидроалюмосиликаты каркасного строения, структура которых включает в себя полости и каналы молекулярного размера, занятые подвижными катионами и молекулами воды. Эти минералы действуют по принципу молекулярных сит, разделяя смеси веществ в зависимости от размеров атомов и молекул. Структурные особенности цеолитов определяют участие в ионообменном процессе только катионов, в основном катионов тяжелых металлов. Наибольшей емкостью обладает Na-форма цеолита.

Равновесная обменная емкость типичного цеолита клиноптиллолита составляет (мг-экв. /100 г): для свинца – 96–196, кадмия – 125, ртути – 237, меди – 95107, цинка – 109, кобальта – 44, никеля – 17 [Сизов и др., 1990]. Внесение в почву клиноптиллолита в дозе 15 т/га увеличивает емкость поглощения почвы на 15–20 %, последствие длится от 7 до 20 лет [Григора, 1985].

В то же время опыты показали, что существенный положительный эффект от внесения цеолита имеет место только при норме внесения 100 т/га [Байдина, 1991; Цилу, 1992; Овчаренко с соавт., 1994].

Таким образом, для получения необходимого эффекта норма данного сорбента не должна быть ниже 40–50 т/га на низкоплодородных почвах, а на плодородных, имеющих тяжелый гранулометрический состав и относительно высокое содержание гумуса почвах, норма должна быть еще выше. Чаще всего применение цеолитов оказывается экономически нецелесообразным и возможно лишь в случае, когда они являются местным сырьем.

Большое влияние на подвижность поллютантов оказывает минералогический и гранулометрический состав почв, поэтому хорошие результаты может дать глинование легких почв. Внесение глин, содержащих минералы с расширяющейся кристаллической решеткой (монтмориллонит, иллит, вермикулит), позволяет значительно увеличить катионообменную емкость почв. Прочность связи тяжелых металлов с глинистыми минералами зависит от их строения и возрастает от каолинита к монтмориллониту. Прочность связи также зависит от рН среды и содержания органического вещества. Отмечено, что почвенные глинистые минералы сорбируют тяжелые металлы тем сильнее, чем больше органического вещества содержится в почве [Сизов и др., 1990].

Имеют значение и свойства самих металлов. Установлено, что прочность фиксации глинистыми минералами убывает в ряду: $Pb^{2+} > Zn^{2+} > Cd^{2+}$.

В то же время необходимо подчеркнуть, что для получения эффекта от такого приема снижения токсичности тяжелых металлов в почве норма применяемой глины должна быть очень высокой. Так, для того, чтобы увеличить долю физической глины на 10 % (по классификации Н.А. Качинского) и перевести почву из одной категории (например, супесчаной) в другую (легкосуглинистую), требуется 200–300 т/га глины. При этом необходимо учитывать и ее минералогический состав.

Кроме этого, глинование может вызвать некоторые отрицательные явления (например, подкисление почв, поскольку глинистые минералы являются источником ионов H^+ , или снижение концентрации биогенных элементов в результате их поглощения минеральными коллоидами). Поэтому оно должно сопровождаться известкованием, внесением органических и минеральных удобрений.

В целом глинование является весьма дорогостоящим мероприятием, которое может проводиться, если месторождение глины находится недалеко.

Фитомелиорацию в настоящее время рассматривают как один из наиболее перспективных способов реабилитации загрязненных тяжелыми металлами почв. Данный прием основан на интенсивном выращивании специально подобранных культур, обладающих способностью концентрирования в своей биомассе токсичных элементов, и последующем ее удалении [Стратегия использования ..., 2002].

При восстановлении (рекультивации) загрязненных земель методом фитомелиорации (или фитоэкстракции) выделяют несколько этапов.

Первый этап связан с оценкой степени загрязнения территории и выявления приоритетного загрязнителя. При этом особое внимание уделяется содержанию подвижных форм элементов. Целесообразность этого этапа связана с тем, что при относительно низкой концентрации токсичных элементов в почве для ее восстановления достаточно мероприятий по ограничению их подвижности (известкование, внесение сорбентов и др.), без применения фитомелиоративных мероприятий.

С другой стороны, при очень высокой концентрации в почве токсичных элементов использование растений-фитоэкстракторов также не планируется, но уже по другой причине – фитотоксичность среды не позволит создать приемлемые условия для выращивания растений и тем более не даст возможности получить высокую биомассу.

На *втором* этапе производится подбор культур, способных к экстракции веществ, загрязняющих данную конкретную почву. При этом основными критериями выбора являются высокая степень аккумуляции токсичных элементов в растениях, возможность получения больших объемов биомассы при минимальных затратах на ее выращивание и районирование культур к конкретным почвенно-климатическим условиям мелиорируемой территории.

По степени аккумуляции металлов в биомассе предложено выбирать растения, накапливающие более 1 % содержания металлов или в 100 раз больше, чем обычно обнаруживают в растениях.

Установлены следующие закономерности по накоплению металлов растениями [Стратегия использования ..., 2002]:

- по кадмию
люпин > вика > клевер > редис > кукуруза > овес > ячмень > озимая пшеница;

- по *свинцу*
люпин > клевер > вика > редис > кукуруза > овес > озимая пшеница > ячмень;
- по *цинку*
клевер > вика > люпин > редис > кукуруза > овес > озимая пшеница > ячмень;
- по *меди*
клевер > вика > люпин > редис > кукуруза > овес > ячмень > озимая пшеница.

Кроме того, в качестве гипераккумуляторов предлагается к использованию ряд дикорастущих видов: горчица сарептская и белая, пырей, ива прутовидная, ярутка синеватая, рапс и другие. В то же время указывается, что в связи с различной эффективностью отдельных видов по извлечению металлов из почвы целесообразно использование смеси видов.

Третьим этапом является разработка системы культивирования растений-фитоэкстракторов. При этом основное внимание уделяется поиску эффекторов фитоэкстракции – веществ, усиливающих подвижность извлекаемых элементов с целью ускорения процесса фитомелиорации. В противном случае он может затянуться на десятки и сотни лет, в то время как данная технология считается эффективной, если на восстановление загрязненной территории затрачивается не более 5–10 лет.

В качестве эффекторов предложено использование хелатообразующих агентов (ЭДТА, ДДДА, ДТПА и др.), эффективность которых в конкретных условиях предварительно оценивается в вегетационных опытах. В некоторых случаях экстракции способствует сочетание хелатообразующих агентов с обработкой растений гербицидами или регуляторами роста растений [Галиулин, 2003].

Последним этапом работ является уборка и утилизация полученной биомассы. В качестве основного приема по утилизации предлагается ее использование как биотоплива или для рекуперации из нее цветных металлов, либо складирование на специальных площадках [Галиулин, 2003]. В то же время в этих рекомендациях недостаточное внимание уделяется загрязнению воздушной среды, связанному со сжиганием (выбросы окислов углерода, азота, серы, других загрязнителей), технологическим трудностям высушивания материала и другим проблемам.

В целом фитомелиорация может считаться достаточно перспективным методом очистки загрязненных металлами земель.

Крайней степенью деградации является полное уничтожение почвенного покрова. Сильнодеградированные земли нуждаются в переводе из пахотнопригодных в кормовые угодья, а очень сильнодеградированные необходимо исключать из хозяйственного оборота как неподлежащие восстановлению для прежнего использования.

Рекультивация земель должна обеспечивать восстановление земель до состояния, пригодного для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием, путем обеспечения соответствия качества земель нормативам качества окружающей среды и требованиям законодательства Российской Федерации. Назначения и порядок государственного учета устанавливаются Министерством сельского хозяйства Российской Федерации применительно к земельным участкам, однородным по типу почв и занятым однородной растительностью в разрезе сельскохозяйственных угодий (в ред. Постановления Правительства РФ от 07.03.2019 № 244).

Консервация земель проводится в отношении нарушенных земель, негативное воздействие на которые привело к их деградации, ухудшению экологической обстановки и (или) нарушению почвенного слоя, в результате которых не допускается осуществление хозяйственной деятельности, если устранение таких последствий путем рекультивации земель невозможно в течение 15 лет.

Консервации подлежат:

- сельскохозяйственные угодья 3-й и 4-й степени деградации с сильноэродированными, сильнозасоленными, сильнозаболоченными (в результате подтопления или нарушения экологических требований) почвами, подверженные в большой степени опустыниванию, имеющие просадки поверхности вследствие добычи полезных ископаемых, оленьи пастбища с сильнонарушенным почвенно-растительным покровом, когда использование по целевому назначению земель с указанными признаками деградации приводит к дальнейшему развитию негативных процессов, ухудшению состояния почв и экологической обстановки;

- земли, загрязненные выше 5-го уровня в обязательном порядке, а выше 4-го уровня – в отдельных случаях по заключениям специалистов.

Подготовку материалов по консервации земель осуществляют органы Министерства охраны окружающей среды и природных ре-

сурсов Российской Федерации, Комитета Российской Федерации по земельным ресурсам и землеустройству с участием Министерства сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации и Государственного комитета санитарно-эпидемиологического надзора Российской Федерации.

Материалы и оборудование: рабочая тетрадь, учебное пособие, калькулятор, карточки-задания.

Задание

1. Определите степень химического загрязнения почвенного покрова и размер нанесенного ущерба.
2. Данные почвенно-экологического обследования (задание) сопоставьте с существующими нормативами (табл. П.3–П.6).
3. Предложите мероприятия по мелиорации и снижению степени опасности загрязнения почв (табл. П.8), обоснуйте их.

Задачи

Задача 1. В результате разрыва нефтепровода ОАО «Сибнефтепровод» Красноярского края на землях лесного фонда (среднетаежная зона) был обнаружен разлив нефти площадью 1414 квадратных метров. Глубина химического загрязнения составила 20 см. Фактическое содержание нефтепродуктов (X_i) определено как среднее арифметическое из 28 объединенных проб и составило 4086,5 мг/кг (X_i) при нормативе 1000,0 мг/кг (X_n).

Задача 2. На территории населенного пункта Красноярского края в южной тайге (дерново-подзолистые суглинистые почвы) выявлено химическое загрязнение почв солями тяжелых металлов (соли цинка, кадмия, мышьяка). Площадь загрязненного участка составила 150 м². Глубина химического загрязнения составила 15 см. Фактическое содержание химических веществ (X_i) определено как среднее арифметическое из 30 объединенных проб. Концентрации химических веществ составили: X_i (Zn) = 83,2 мг/кг; X_i (Cd) = 9,4; X_i (As) = 10,3 мг/кг;

Нормативы качества окружающей среды для почв: X_n (Zn) = 23,0 мг/кг; X_n (Cd) = 1,0 мг/кг (для кислых почв (суглинистых и глинистых почв)); X_n (As) = 5,0 мг/кг (для кислых почв (суглинистых и глинистых почв));

Задача 3. В Дзержинском районе Красноярского края на землях лесного фонда было обнаружено несанкционированное размещение отходов (обтирочный материал массой 0,2 т, загрязненный маслами

(содержание масел 15 % и более) (3-й класс опасности) и твердые коммунальные отходы массой 6,5 т (4-й класс опасности)).

Задача 4. В результате земельных работ ОАО «Красноярский алюминиевый завод» часть черноземных почв, используемых под сельскохозяйственные угодья, была перекрыта глинистыми отложениями, другая часть подверглась порче на глубину 37 см. Площадь перекрытия составила 400 м², а площадь нарушенных почв 60 м².

Задача 5. На территории Красноярского края в северо-восточном направлении от города Красноярска выявлено химическое загрязнение водорастворимым фтором. Площадь загрязнения от чрезвычайно высокой степени (41 мг/кг) составила 4 тыс. га, до высокоопасной степени (22 мг/кг) – 10,5 тыс. га. ПДК для водорастворимого фтора в почве составляет 10 мг/кг. Глубина химического загрязнения составила 15 см. Почвенный покров в зоне загрязнения представлен комплексом черноземов обыкновенных и выщелоченных.

Задача 6. На территории Красноярского края в Ужурском районе (темно-серые лесные почвы) на землях лесного фонда обнаружено химическое загрязнение солями тяжелых металлов (медь, свинец) на площади 80 м² и несанкционированное размещение твердых коммунальных отходов массой 11 т (4-й класс опасности). Фактическое содержание тяжелых металлов (Х_і) определено как среднее арифметическое из 30 объединенных проб и составило: Х_і (Cu) = 280 мг/кг; Х_і (Pb) = 320, при ОДК в почвах с нейтральной реакцией среды: Х_п (Cu) = 120; Х_п (Pb) = 130 мг/кг.

Задача 7. В результате работы коммунальных служб в городе Красноярске почвенный покров был перекрыт асфальтом на площади 250 м².

Задача 8. На территории Красноярского края в Новоселовском районе на черноземе выщелоченном под пашней обнаружено химическое загрязнение солями тяжелых металлов (медь, цинк, кадмий, мышьяк). Площадь загрязнения составила 4,8 га. Глубина химического загрязнения составила 20 см. Фактическое содержание химических веществ (Х_і) определено как среднее арифметическое из 50 объединенных проб и составило: Х_і (Cu) = 250 мг/кг; Х_і (Zn) = 345; Х_і (Cd) = 5,4; Х_і (As) = 20,4 при ОДК в почвах с нейтральной реакцией среды: Х_п (Cu) = 120; Х_п (Zn) = 220; Х_п (Cd) = 2,0; Х_п (As) = 10 мг/кг.

Задача 9. В Красноярском крае в Канском районе в результате неправомерного перевода и использования сельскохозяйственных угодий, являющихся частью песчаной оросительной системы, под

карьер для добычи песчано-грунтовой смеси пойменные почвы подверглись порче на площади 10 га. Глубина карьера более 2 м.

Задача 10. В Ермаковском районе Красноярского края на сельскохозяйственных угодьях было обнаружено несанкционированное размещение отходов (строительный мусор массой 20,5 т (5-й класс опасности и твердые коммунальные отходы массой 38 т (4-й класс опасности)).

Задача 11. В результате осуществления земляных работ на земельном участке сельскохозяйственного назначения (пашне) в Новоселовском районе был снят плодородный слой почв на площади 108 квадратных метров.

Задача 12. На земельном участке, расположенном в Таймырском муниципальном районе Красноярского края, представляющем собой оленьи пастбища, в результате перемещения и работы тяжелой строительной техники был уничтожен плодородный слой почвы на площади 80 квадратных метров.

Задача 13. В результате длительного применения гербицида трифлуралина для борьбы с сорняками в Ужурском районе были загрязнены почвы на площади 10 га сельскохозяйственных угодий.

Содержание загрязняющего вещества определялось по всей мощности почвенного профиля, отбор проб почвы проводился через каждые 10 см. Концентрация трифлуралина в образцах, отобранных до глубины 50 см, составляла 0,45 мг/г. Концентрация трифлуралина в образцах, отобранных на глубине более 50 см, составляла менее 0,05 мг/кг.

Лабораторная работа 3. Определение степени выпахивания почв сельскохозяйственных угодий

Основные теоретические положения

Содержание и запасы органического вещества в почвах традиционно служат основным критерием оценки почвенного плодородия. В настоящее время органическое вещество почвы все чаще рассматривается с позиций экологической устойчивости почв как компонента биосферы. В современной земледелии органическое вещество почв определяет экологические пределы интенсификации, выступает в качестве решающего фактора химизации земледелия. Обеспеченность почв органическим веществом определяет возможности использова-

ния минеральных удобрений, преодоления пестицидной нагрузки, возможности минимизации обработки почвы.

Общее содержание гумуса, азота и фракционно-групповой состав гумуса характеризуют генетические особенности и потенциальное плодородие почв. Содержание ЛОВ и азота в его составе являются показателями эффективного плодородия почв. Примерно 20 % от общих запасов ЛОВ ежегодно минерализуется, при этом высвобождаются элементы питания, в том числе азот. При низком содержании азота в составе ЛОВ требуется дополнительное внесение минеральных азотных удобрений.

По относительному содержанию ЛОВ в составе общего гумуса предложено оценивать степень *выпаханности* почв [Ганжара, Борисов, 1997]. Оценка производится по 25-балльной шкале.

Выпахивание – деструктивный элементарный почвенный процесс, в результате которого снижается уровень плодородия пахотных почв (снижение гумусированности, обезструктурирование, переуплотнение) из-за их использования при низком уровне поступления источников гумуса – послеуборочных остатков, органических удобрений [Ганжара, Борисов, 1997]. Выпаханными могут стать как высококультуренные, так и некультуренные почвы, имеющие как высокое, так и низкое содержание гумуса. Выпахивание является начальной стадией деградации почвенного плодородия. Данный процесс обратим, поскольку после оптимизации режима использования выпаханых почв их плодородие восстанавливается относительно быстро.

Для количественной оценки степени выпаживания почв используется показатель относительного содержания легкоразлагаемого или лабильного органического вещества, выраженного в процентах к общему содержанию органического вещества в почвах (ОВП). Возможность использования содержания ЛОВ в качестве индикатора степени выпаживания почв обусловлена несколькими факторами [Борисов, 2008]:

- ЛОВ является слабогумифицированной фракцией, ее накопление отражает баланс между поступлением и разложением органического вещества, что определяется окружающими условиями;
- ЛОВ содержит относительно большое количество углерода и азота, других элементов питания и служит постоянным источником питательных веществ для растений;
- ЛОВ чувствительно к изменению агротехники и системы севооборотов и может служить более ранним индикатором изменения плодородия почв, чем содержание общего углерода;

○ ЛОВ легко регулируется путем изменения структуры посевных площадей и внесения различных органических компонентов (компостов, растительных остатков, торфа, навоза).

По данным Б.А. Борисова (2008), содержание азота в составе ЛОВ варьирует от 2,4 до 3,9 %, а соотношение C:N от 12,8 до 20,9. В составе ЛОВ может содержаться 0,4–1,0 % фосфора, 0,5–1,2 % калия, а также значительные количества микроэлементов. При этом ежегодное высвобождение элементов питания из ЛОВ сопоставимо с их выносом урожаем.

Содержание лабильного органического вещества в пахотном слое почв колеблется в довольно широких пределах – от 0,1 до 1,5–2 % от массы почвы [Ганжара, Борисов, 1997]. Содержание ЛОВ в почвах характеризуется отчетливо выраженной сезонной динамикой, связанной с процессами его разложения, наиболее проявляющимися в первой половине вегетации, и с процессами накопления корневой массы растений. При возделывании пропашных культур, имеющих невысокое поступление растительных остатков, наблюдается снижение содержания ЛОВ в течение вегетационного периода. Наиболее существенное снижение содержания ЛОВ за вегетационный сезон наблюдается под чистым паром. Биохимический состав сухого вещества разнообразен. В составе ЛОВ имеются: лигнин – 15–25 %, целлюлоза – 5–10 %, сахара – до 5 %, протеин – до 5 %, крахмал – в пределах 1 %. Исследованиями установлено, что оптимальное содержание легкоразлагаемых органических веществ – 0,4–1,2 %, или 12–36 т/га в пахотном слое.

Сущность метода расчета степени выпашанности почв заключается в следующем: вычисляют относительное содержание $S_{\text{ЛОВ}}$, % от $S_{\text{общ}}$ почвы ($S_{\text{общ}}$ – содержание С гумуса в пробах без отбора корней и органических остатков). Затем относительное содержание $S_{\text{ЛОВ}}$ вычитают из 25 и получают балл степени выпашанности.

К невыпаханным относятся почвы, в которых относительное содержание $S_{\text{ЛОВ}}$ достигает 25 % и более. Такие почвы имеют нулевой балл степени выпашанности.

Шкала оценки:

- 0 баллов – невыпаханные;
- 1–5 баллов – очень слабывпаханные;
- 5–15 баллов – слабо- и средневыхпаханные;
- 15–25 баллов – сильновыхпаханные и очень сильновыхпаханные почвы.

Таким образом, чем выше балл, тем больше степень выпашивания почв. Изучение количества ЛОВ в залежных почвах показало несовершенство единой 25-балльной шкалы для разных типов почв, поэтому в настоящее время используются различные шкалы для разных типов почв.

Так, для дерново-подзолистых, светло-серых и серых лесных почв применяется 25-балльная шкала, для темно-серых лесных и черноземов лесостепной и степной зон – 15-балльная и для каштановых почв – 20-балльная шкала.

Материалы и оборудование: рабочая тетрадь, учебное пособие, калькулятор, карточки-задания.

Задание

1. Определите долю ЛОВ от общего содержания ОВП и степень выпашивания почв под различными угодьями. Полученные результаты сравните с данными шкалы.

2. Оформите результаты работы в форме таблицы, проанализируйте полученные данные.

Задача 1

Почва	Угодье, культура	ОВП, % С к массе почвы	ЛОВ, % С к массе почвы	Доля ЛОВ от ОВП, %	Степень выпашивания, балл
Чернозем выщелоченный среднемощный среднегумусный тяжелосуглинистый	Пашня (овес)	3,74	0,46		
То же	Залежь 4 лет	3,57	1,10		
То же	Залежь 8 лет	3,43	1,31		

Задача 2

Почва	Угодье, культура	ОВП, % С к массе почвы	ЛОВ, % С к массе почвы	Доля ЛОВ от ОВП, %	Степень выпашивания, балл
1	2	3	4	5	6
Темно-серая лесная среднемощная глубоковскипающая тяжелосуглинистая	Пашня (яровая пшеница)	4,74	0,83		
То же	Залежь 10 лет	4,84	1,63		
Чернозем выщелоченный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый	Пашня (яровая пшеница)	2,92	0,58		

1	2	3	4	5	6
Чернозем выщелоченный среднемощный среднегумусный тяжелосуглинистый	Залежь 15 лет	3,79	1,05		

Задача 3

Почва	Угодье, культура	ОВП, % С к массе почвы	ЛОВ, % С к массе почвы	Доля ЛОВ от ОВП, %	Степень выпахивания, балл
Чернозем обыкновенный маломощный малогумусный тяжелосуглинистый	Пашня (пар)	3,17	0,79		
То же	Залежь 7 лет	3,46	0,85		
Чернозем выщелоченный маломощный малогумусный тяжелосуглинистый	Пашня (ячмень)	2,51	0,26		
То же	Пашня (мн. травы 5-го г.п.)	2,67	0,72		

Задача 4

Почва	Угодье, культура	ОВП,% С к массе почвы	ЛОВ,% С к массе почвы	Доля ЛОВ от ОВП, %	Степень выпахивания, балл
Серая лесная среднемощная глубоковскипающая среднесуглинистая	Пашня (яровая пшеница)	1,68	0,54		
То же	Пашня (яровая пшеница)	1,33	0,32		
То же	Залежь 8 лет	2,08	0,63		

Задача 5

Почва	Угодье, культура	ОВП,% С к массе почвы	ЛОВ,% С к массе почвы	Доля ЛОВ от ОВП, %	Степень выпахивания, балл
Чернозем выщелоченный маломощный среднегумусный тяжелосуглинистый	Пашня (пар)	4,34	0,24		
Чернозем обыкновенный маломощный среднегумусный тяжелосуглинистый	Залежь 15 лет	4,45	0,71		
Чернозем выщелоченный среднемощный многогумусный тяжелосуглинистый	Пашня (яровая пшеница)	5,41	1,55		
То же	Залежь 15 лет	5,79	2,19		

Задача 6

Почва	ОВП, % С к массе почвы	ЛОВ, % С к массе почвы	Доля ЛОВ от ОВП, %	Степень выпахивания, балл
Дерново-подзолистая	1,11	0,17		
Серая лесная	1,22	0,12		
Чернозем оподзоленный	2,49	0,22		
Чернозем обыкновенный	2,96	0,26		
Каштановая почва	1,91	0,11		

Задача 7

Почва	Угодье, культура	ОВП, % С к массе почвы	ЛОВ, % С к массе почвы	Доля ЛОВ от ОВП, %	Степень выпахивания, балл
Чернозем обыкновенный среднемошный малогумусный тяжелосуглинистый	Пашня (мн. травы 2-го г.п.)	2,39	0,79		
То же	Залежь 7 лет	3,32	1,67		
То же	Залежь 14 лет	3,35	4,25		
То же	Пашня (яровая пшеница)	3,29	0,54		
То же	Залежь 5 лет	3,74	1,16		

Задача 8

Почва	ОВП, % С к массе почвы	ЛОВ, % С к массе почвы	Доля ЛОВ от ОВП, %	Степень выпахивания, балл
Дерново-подзолистая	2,34	0,85		
Серая лесная	1,90	0,28		
Чернозем оподзоленный	3,44	0,67		
Чернозем обыкновенный	5,96	1,78		
Каштановая	2,11	0,23		

Задача 9

Почва	ОВП, % С к массе почвы	ЛОВ, % С к массе почвы	Доля ЛОВ от ОВП, %	Степень выпахивания, балл
Дерново-подзолистая	2,09	0,48		
Серая лесная	2,55	0,52		
Чернозем оподзоленный	3,54	0,88		
Чернозем обыкновенный	3,76	0,71		
Каштановая	2,31	0,43		

Задача 10

Почва	Угодье, культура	ОВП,% С к массе почвы	ЛОВ,% С к массе почвы	Доля ЛОВ от ОВП, %	Степень выпахивания, балл
Дерново-подзолистая почва, контроль	Кукуруза	2,27	0,14		
НРК		2,27	0,17		
Навоз		2,27	0,40		
Растительные остатки		2,27	0,21		

Лабораторная работа 4. Оценка экологической стабильности землепользования хозяйства

Основные теоретические положения

Для устойчивого ведения земледелия и воспроизводства агроресурсов (влага, элементы питания, органическое вещество) необходимо формировать экологически сбалансированные агроландшафты и более глубоко адаптировать к ним технологические процессы.

Наиболее актуальным вопросом при создании оптимизированных и устойчивых землепользований является определение оптимального соотношения сельскохозяйственных угодий применительно к той территории, которое формирует условия для ведения эффективного земледелия и воспроизводство природно-ресурсного потенциала земли. Задача по оптимизации сельскохозяйственных угодий столь трудная, что не имеет пока конкретного и достаточно обоснованного решения. Как правило, в развитых странах распахивается не более 50–55 % территории регионов, пригодных для земледелия. Остальная территория занята кормовыми угодьями, лесами, населенными пунктами, дорогами. При этом сохраняется экологически допустимый баланс между угодьями.

Для сравнения, в Красноярском крае распаханность сельскохозяйственных угодий в ряде районов лесостепной и степной зон достигла 70–80 %, в подтаежной – 40–50 %. Такое состояние в лесостепи оценивается как критическое, а в подтайге – относительно благополучное.

При решении вопроса об оптимальном соотношении сельскохозяйственных угодий за основу необходимо принимать положение о разумном сочетании экологических, демографических и аграрно-экономических целей [Суховеркова, 2011]. Оптимальным является та-

кое соотношение между количеством людей и структурой угодий, при котором население полностью обеспечивается продуктами аграрной сферы, произведенными на собственной земле. В дальнейшем необходимо корректировать соотношение угодий в связи с новым народонаселением, новыми технологиями, новыми продуктами питания и их соответствием современным медицинским нормам потребления на душу населения, а также в связи с изменением рыночных отношений.

Для оценки влияния состава угодий на экологическую стабильность территории с повышенным сельскохозяйственным освоением, интенсивным использованием угодий или подвергшейся мелиоративным, культуртехническим работам, рекультивации, необходимо определять коэффициент экологической стабильности ($K_{\text{эк.ст}}$) [Волков, 2001]

$$K_{\text{эк.ст}} = \sum K_{li} \times P_i / \sum P_i \times K_p,$$

где K_{li} – коэффициент экологической стабильности угодья i -го вида;

P_i – площадь угодья i -го вида;

K_p – коэффициент морфологической стабильности рельефа ($K_p = 1,0$ для стабильных территорий и $K_p = 0,7$ для нестабильных территорий).

Известно, что экологически устойчивые угодья (леса, болота естественного происхождения, целинные земли) создают вокруг себя благоприятную экологическую среду и хорошо влияют на окружающую территорию, ее флору и фауну. Коэффициенты экологической стабильности приведены в таблице 6. В том случае, если полученное значение:

$K_{\text{эк.ст.}} < 0,33$ – территория экологически нестабильна;

$K_{\text{эк.ст.}} = 0,33-0,66$ – территория переходит в градацию средней стабильности;

$K_{\text{эк.ст.}} > 0,66$ – считается экологически стабильной.

В целом по России $K_{\text{эк.ст}} = 0,68$ и свидетельствует об экологической стабильности территории. Однако главные сельскохозяйственные районы страны относятся к экологически неблагоприятным (ЦЧО – $K_{\text{эк.ст}} = 0,30$, Поволжье – $K_{\text{эк.ст}} = 0,25$, Северный Кавказ – $K_{\text{эк.ст}} = 0,31$) и требуют землеустроительных мероприятий и оптимизации ландшафтов.

Таблица 6 – Коэффициенты оценки экологических свойств земельных угодий

Угодья и объекты	Коэффициент экологической стабильности (K_1)
Застроенная территория	0,00
Дороги	0,00
Пашня	0,14
Лесополосы	0,38
Сады	0,43
Огороды	0,50
Сенокосы	0,62
Пастбища	0,68
Водоемы	0,79
Болота естественного происхождения	0,79
Леса естественного происхождения	1,00
Многолетние насаждения	0,40
Торфоразработки и нарушенные земли	0,10
Прочие земли	0,20

По обобщенным научным данным, для лесостепной зоны Красноярского края в пределах административных районов рекомендуется иметь:

- на равнинах 55–60 % пашни, 9–10 % леса, в том числе 3–4 % под лесополосами, под сенокосами, пастбищами, залежами около 30 %;
- на пересеченной местности (при склонах длиной 400–600 м и крутизне до 5–7°) 50 % пашни, в том числе 20–25 % под многолетними травами, 11–12 % леса, в том числе 5–6 % под лесополосами, около 40 % под сенокосами, пастбищами, залежами;
- для таежной зоны доля пашни на равнинах и на пересеченной местности уменьшается соответственно на 5 %;
- для степной зоны целесообразно иметь 45 % пашни, 5 % защитных лесных насаждений и 50 % естественных кормовых угодий. Несоблюдение указанного соотношения угодий в агроландшафтах приведет к образованию неустойчивых землепользований и развитию деградации почв и земель.

Важнейшей характеристикой устойчивости агроландшафтов является лесистость пахотных угодий. Научные данные последних десятилетий определили, что для устойчивого природопользования удельный вес защитных лесных насаждений должен быть в сухой степи не

менее 7 %, в степи – 5, в лесостепи – 4 %. С увеличением сухости климата защищаемые лесными полосами площади полей должны уменьшаться, что достигается сокращением расстояния между основными лесополосами. Площадь между полосами в их контуре в сухой степи должна быть в пределах 25 га, в степи 33 и в лесостепи – 40 га.

Увеличение лесистости в лесостепи юга Средней Сибири от 10 до 50 % сопровождается снижением скорости ветра на 5–10 %. Особенно заметное влияние на микроклимат остепненной территории оказывают колки, накапливающие снег. Они способствуют созданию благоприятного режима увлажнения почв, увеличению урожайности сельскохозяйственных культур [Добровольский, 2006]. Таким образом, лесные массивы рекреационного, санитарно-гигиенического, водно- и почвоохранного назначения, учитывая высокую освоенность территории, целесообразно создавать на неудобных, менее плодородных и менее устойчивых к антропогенным воздействиям почвах [Шугалей, 1991].

Следующим важным элементом оптимизации агроландшафтов является определение размеров хозяйств, полей, рабочих участков. Земля, материальные ресурсы, рабочая сила должны находиться в определенном соотношении и быть сбалансированными. Размеры хозяйств в большей мере зависят от специализации. Вполне очевидно, что крупное сельскохозяйственное предприятие с экономических позиций выгоднее мелкого хозяйства. Причина эффективности определяется тем, что основное средство производства в сельском хозяйстве – земля – требует в крупном по площади предприятии существенно меньше затрат на единицу производимой продукции, нежели в мелком. Особенно это справедливо для зернопроизводящих хозяйств, которые преобладают в Сибири. Мелкое предприятие зачастую не располагает средствами на расширенное воспроизводство, оно неустойчиво к экономическим кризисам, так как не способно в силу узкой специализации переориентировать свое производство.

При планировании размеров полей и рабочих участков необходимо учитывать следующие рекомендации [Лопырев, 2001]:

участки площадью 1–3 га не пригодны для использования под пропашные культуры, а возделывание на них зерновых связано с большими дополнительными затратами труда;

затруднено использование сельскохозяйственной техники на участках площадью 3–5 га;

технологически целесообразными считаются участки размером от 15–20 до 50 га, максимум 80–85 га.

Важный технологический показатель – длина гона. При длине гона менее 150 м использование современной сельскохозяйственной техники затруднено. Длина гона 150–200 м приемлема для выращивания зерновых культур, многолетних и однолетних трав, но мало пригодна для механизированного возделывания пропашных культур, для которых гоны должны быть более 300 м; минимальный радиус контурных границ технологических участков должен составлять 50–70 м. При меньшем радиусе возникают трудности в обработке участков, остаются огрехи и недопаханные клинья.

При создании рабочих участков и полей необходимо учитывать мезорельеф местности.

Материалы и оборудование: рабочая тетрадь, учебное пособие, калькулятор, карточки-задания.

Задание

1. По данным таблицы 6 определите коэффициент экологической стабильности землепользования и оцените антропогенную устойчивость почв.

2. Используя материалы таблицы П.1, предложите пути рационального использования почвенного покрова района исследования.

3. Оформите результаты в форме таблицы, сформулируйте выводы.

Задачи

Задача 1. Структура землепользования Новоселовского района, ЗАО «Светлолобовское»

Угодья и объекты	Площадь, га	Коэффициент экологической стабильности и его оценка
1	2	3
Застроенная территория	104	
Дороги	28	
Пашня	7836	
Лесополосы	49	
Сады	–	
Огороды	25	
Сенокосы	1814	
Пастбища	4316	
Водоемы	49	
Болота естественного происхождения	276	

1	2	3
Леса естественного происхождения	784	
Многолетние насаждения	–	
Торфоразработки и нарушенные земли	–	
Прочие земли	146	
Общая площадь землепользования	15427	

Задача 2. Структура землепользования Каратузского района, АО «Каратузское ДРСУ»

Угодья и объекты	Площадь, га	Коэффициент экологической стабильности и его оценка
Застроенная территория	181	
Дороги	192	
Пашня	12068	
Лесополосы	20	
Сады	-	
Огороды	86	
Сенокосы	3395	
Пастбища	8541	
Водоемы	529	
Болота естественного происхождения	1822	
Леса естественного происхождения	9861	
Многолетние насаждения	6	
Торфоразработки и нарушенные земли	107	
Прочие земли	294	
Общая площадь землепользования	37102	

Задача 3. Структура землепользования Пировского района, ООО «Победа»

Угодья и объекты	Площадь, га	Коэффициент экологической стабильности и его оценка
Застроенная территория	67	
Дороги	112	
Пашня	10779	
Лесополосы	-	
Сады	-	
Огороды	100	
Сенокосы	2154	
Пастбища	2351	
Водоемы	24	
Болота естественного происхождения	-	
Леса естественного происхождения	17897	
Многолетние насаждения	-	
Торфоразработки и нарушенные земли	2	
Прочие земли	5	
Общая площадь землепользования	33490	

Задача 4. Структура землепользования Канского района, ОАО «Племзавод Красный Маяк»

Угодья и объекты	Площадь, га	Коэффициент экологической стабильности и его оценка
Застроенная территория	125	
Дороги	19	
Пашня	4941	
Лесополосы	27	
Сады	-	
Огороды	13	
Сенокосы	932	
Пастбища	3160	
Водоемы	100	
Болота естественного происхождения	215	
Леса естественного происхождения	1253	
Многолетние насаждения	-	
Торфоразработки и нарушенные земли	-	
Прочие земли	181	
Общая площадь землепользования	10965	

Задача 5. Структура землепользования Уярского района, ЗАО «Авдинское»

Угодья и объекты	Площадь, га	Коэффициент экологической стабильности и его оценка
Застроенная территория	384	
Дороги	221	
Пашня	21615	
Лесополосы	120	
Сады	47	
Огороды	406	
Сенокосы	940	
Пастбища	4932	
Водоемы	117	
Болота естественного происхождения	127	
Леса естественного происхождения	5978	
Многолетние насаждения	-	
Торфоразработки и нарушенные земли	-	
Прочие земли	53	
Общая площадь землепользования	34940	

Задача 6. Структура землепользования Саянского района, ООО «Свет»

Угодья и объекты	Площадь, га	Коэффициент экологической стабильности и его оценка
Застроенная территория	70	
Дороги	35	
Пашня	2166	
Лесополосы	-	
Сады	-	
Огороды	15	
Сенокосы	1558	
Пастбища	826	
Водоемы	80	
Болота естественного происхождения	110	
Леса естественного происхождения	14972	
Многолетние насаждения	2	
Торфоразработки и нарушенные земли	150	
Прочие земли	134	
Общая площадь землепользования	20118	

Задача 7. Структура землепользования Енисейского района, СПК им. Калинина

Угодья и объекты	Площадь, га	Коэффициент экологической стабильности и его оценка
Застроенная территория	69	
Дороги	120	
Пашня	10664	
Лесополосы	-	
Сады	-	
Огороды	110	
Сенокосы	5192	
Пастбища	5694	
Водоемы	53	
Болота естественного происхождения	124	
Леса естественного происхождения	24887	
Многолетние насаждения	2	
Торфоразработки и нарушенные земли	-	
Прочие земли	1110	
Общая площадь землепользования	48025	

Задача 8. Структура землепользования Тасеевского района, ООО «Восход»

Угодья и объекты	Площадь, га	Коэффициент экологической стабильности и его оценка
Застроенная территория	82	
Дороги	130	
Пашня	10105	
Лесополосы	60	
Сады	-	
Огороды	115	
Сенокосы	1300	
Пастбища	1713	
Водоемы	70	
Болота естественного происхождения	121	
Леса естественного происхождения	8713	
Многолетние насаждения	3	
Торфоразработки и нарушенные земли	48	
Прочие земли	112	
Общая площадь землепользования	22572	

Задача 9. Структура землепользования Большемуртинского района, ООО «АгроЭлита»

Угодья и объекты	Площадь, га	Коэффициент экологической стабильности и его оценка
Застроенная территория	101	
Дороги	32	
Пашня	8210	
Лесополосы	72	
Сады	10	
Огороды	30	
Сенокосы	865	
Пастбища	2508	
Водоемы	84	
Болота естественного происхождения	315	
Леса естественного происхождения	6421	
Многолетние насаждения	4	
Торфоразработки и нарушенные земли	116	
Прочие земли	211	
Общая площадь землепользования	18979	

Задача 10. Структура землепользования Тюхтетского района, ООО «Мечта» и Сельскохозяйственного производственного кооператива (колхоз) «Труженик»

Угодья и объекты	Площадь, га	Коэффициент экологической стабильности и его оценка
Застроенная территория	71	
Дороги	134	
Пашня	10655	
Лесополосы	47	
Сады	-	
Огороды	117	
Сенокосы	4931	
Пастбища	3491	
Водоемы	74	
Болота естественного происхождения	139	
Леса естественного происхождения	17850	
Многолетние насаждения	4	
Торфоразработки и нарушенные земли	274	
Прочие земли	114	
Общая площадь землепользования	37901	

Лабораторная работа 5. Определение природоемкости природно-продуктовой системы

Основные теоретические положения

Безудержное развитие техногенного типа мировой экономики привело к возникновению глобальных экологических проблем, каждая из которых способна привести к деградации человеческой цивилизации. Среди массы экологических проблем земного шара можно выделить следующие:

Глобальные экологические проблемы	Тенденции их развития в 1972–1992 гг. [цит. по: Титова, 2001]
Сокращение площади естественных экосистем	Со скоростью 0,5–1,0 % в год на суше; к концу 90-х годов их сохранение около 40 %
Потребление первичной продукции	Рост потребления: 40 % на суше, 25 % – глобальный. К 2030 г. – глобальный рост потребления оценивается в 50–60 %.
Изменение концентрации парниковых газов в атмосфере	Рост от десятых процента до первых процентов ежегодно (преимущественно CO ₂ и CH ₄ за счет ускорения разложения биоты)
Истощение озонового слоя, рост озоновой дыры над Антарктидой	Истощение на 1–2 % в год. Сохранение тенденции даже при прекращении выбросов ХФУ

Сокращение площади лесов, особенно тропических	Сокращение со скоростью от 117 (1980 г.) до 180 тыс. км ² (1989) в год; лесовосстановление относится к сведению как 1:10. Сокращение площади лесов в тропиках с 18 до 9–11 млн км ² , сокращение площади лесов умеренного пояса
Опустынивание	Расширение площади пустынь (60 тыс. км ² в год), рост техногенного опустынивания, токсичных пустынь
Деградация земель	Рост эрозии (24 млрд т ежегодно), снижение плодородия, накопление загрязнителей, закисление, засоление
Повышение уровня океана	Подъем уровня на 1–2 мм в год, к 2030 г. возможно ускорение до 7 мм в год
Стихийные бедствия, техногенные аварии	Рост числа на 5–7 %; рост ущерба на 5–10 %; рост количества жертв на 6–12 %.
Исчезновение биологических видов	Быстрое исчезновение; усиление тенденции по мере разрушения биосферы
Качественное истощение вод суши	Увеличение объемов сточных вод, точечных и площадных источников загрязнения, числа поллютантов и их концентрации
Накопление поллютантов; миграция в трофических цепочках	Рост массы и числа поллютантов, накопление в средах и организмах; рост радиоактивности среды, «химической бомбы»
Ухудшение качества жизни, рост заболеваний, связанных с загрязнением окружающей среды, в т.ч. генетических; появление новых заболеваний	Рост бедности, недостаток продовольствия, высокая детская смертность, высокий уровень заболеваемости, необеспеченность чистой питьевой водой в развивающихся странах, рост генетических заболеваний, высокий уровень аварийности, рост потребления лекарств, рост аллергических заболеваний в развитых странах, пандемия СПИДа в мире, понижение иммунного статуса

Глобальные экологические проблемы тесно связаны с другими глобальными мировыми проблемами. Они влияют друг на друга, и возникновение одних приводит к проявлению или обострению других. Проблемы опустынивания, обезлесения, вызывая деградацию и гибель сельскохозяйственных земель, приводят к обострению мировой продовольственной проблемы.

Немаловажное значение в экологизации экономического развития придается необходимости ориентации на конечные результаты.

Для потребителя все равно, сколько используется природных ресурсов, главное – объемы и качество поступившей к нему продукции. Выход из этой ситуации – программировать и регулировать общественное производство не от количества природных ресурсов, от того, сколько их нужно использовать, а, наоборот, от потребителя к ресурсам.

Программно-целевой подход является существенным признаком «интенсивного» типа мышления. Реализация его предлагает построение для каждого природного ресурса или группы ресурсов своей природно-продуктовой вертикали (ППВ) – *цепочки, соединяющей первичные природные факторы производства с конечной продукцией.*

Природное вещество и продукты его обработки в таких вертикалях проходят по видам деятельности, принадлежащим к различным сферам и отраслям, но технологически объединенным для производства и реализации конечной продукции.

В связи с такой постановкой вопроса возникает необходимость анализа взаимозаменяемости и дополняемости факторов производства, так как в процессе экономического развития в той или иной мере возможно использование одного фактора производства вместо другого. Соотношение между земельными ресурсами, с одной стороны, и средствами производства и количеством затраченного труда – с другой, достаточно эластично. Сокращение сельскохозяйственных угодий за счет концентрации средств производства и труда на единице площади может поддерживать рост урожая и выпуск продукции на прежнем уровне.

Среди критериев устойчивого развития, основанных на экономических показателях эффективности природопользования, выделяют:

- **природоемкость** экономики, т.е. затраты природных ресурсов, отнесенные к единице валового внутреннего продукта (на макроуровне) или к единице конечного продукта (на отраслевом уровне);
- **структурный показатель**, отражающий уменьшение удельного веса продукции и инвестиций отраслей природоэксплуатирующих секторов экономики, т.е. показатель **ресурсоотдачи**.

Необходимо подчеркнуть, что величина природоемкости зависит от эффективности использования природных ресурсов во всей цепи процессов, связанных с преобразованием природного вещества. Выделяют 2 типа (уровня) показателей природоемкости:

- макроуровень – уровень всей экономики;
- продуктовый (отраслевой) уровень.

Для макроуровня – это затраты природных ресурсов на единицу валового внутреннего продукта (ВВП), единицу национального дохода. Их измерение может производиться как в стоимостной форме (руб/руб.), так и в натурально-стоимостной (т/руб.), за год или пять лет (для аграрного сектора в целях сглаживания годовых разбросов)

$$E = N / \text{ВВП},$$

где E – природоемкость;

N – природный ресурс (капитал) в натуральной или стоимостной форме;

ВВП – валовой внутренний продукт.

Нигде в мире нет адекватной стоимостной оценки природных ресурсов. Конечно, их оценивают по рыночным ценам, но явно заниженно.

В качестве частных, дополнительных показателей природоемкости на макроуровне можно рассматривать показатели энергоемкости, металлоемкости, материалоемкости и т.д. В сельском хозяйстве это может быть количество сельскохозяйственных угодий, используемых для производства 1 рубля сельскохозяйственной продукции. Однако из-за разнокачественности земель, неоднородности природно-климатических условий один гектар сельскохозяйственных угодий предприятия 1 никогда не будет равен одному гектару сельскохозяйственных предприятия 2.

Продуктовый (отраслевой) тип показателей природоемкости определяется затратами ресурса на единицу конечной продукции (V), произведенной на основе этого ресурса (количество земли, требуемой для производства 1 т зерна; леса – для 1 т бумаги и т.д.)

$$E = N / V.$$

Показатели природоемкости широко используются при сравнении экономики разных стран, наблюдении в динамике.

В статистике широко распространен показатель, обратный коэффициенту природоемкости, называемый показателем **природной ресурсоотдачи**

$$O = V / N.$$

Для сельского хозяйства это – урожайность, т.е. производство сельскохозяйственной продукции на единицу земельной площади. При этом необходимо помнить, что урожайность не является «полным» показателем природной ресурсоотдачи, так как возможны потери урожая, вызванные недостатком других ресурсов. Например, урожайность зерна в крае составляет 2,1 т/га, но потери при хранении и переработке – 25 %.

Реальный выход зерна соответствует 1,52 т/га. Затраты земли на производство 1 т зерна увеличиваются. Для определения землеемкости при расчете на амбарную урожайность и конечный продукт требуется $N : V = 1 : 1,52 = 0,66$ га/т зерна.

Для экстенсивного типа развития экономики характерна высокая природоемкость, а для интенсивного – снижение ее. И именно показатель природоемкости может стать одним из главных критериев пе-

перехода к устойчивому типу развития, хотя на сегодняшний день он мало учитывается в дискуссиях по проблемам устойчивого развития.

Материалы и оборудование: рабочая тетрадь, учебное пособие, калькулятор, карточки-задания.

Задание

1. Определите потери зерна при подработке и землеемкость для бункерной и амбарной урожайности зерновых культур.

2. Проанализируйте изменение этих показателей в хозяйствах, сделайте заключение.

Задачи

Задача 1

Район	Урожайность, ц/га		Потери зерна при подработке	Землеемкость
	бункерная	амбарная		
Назаровский	3,09	2,81		
Енисейский	1,58	1,19		
Минусинский	1,09	0,8		

Задача 2

Район	Урожайность, ц/га		Потери зерна при подработке	Землеемкость
	бункерная	амбарная		
Ужурский	3,18	2,9		
Большеулуйский	1,35	1,09		
Боградский	0,95	0,7		

Задача 3

Район	Урожайность, ц/га		Потери зерна при подработке	Землеемкость
	бункерная	амбарная		
Шарыповский	2,45	2,21		
Козульский	1,32	1,09		
Бейский	0,99	0,75		

Задача 4

Район	Урожайность, ц/га		Потери зерна при подработке	Землеемкость
	бункерная	амбарная		
Новоселовский	2,65	2,4		
Тасеевский	1,88	1,39		
Шушенский	1,49	1,2		

Задача 5

Район	Урожайность, ц/га		Потери зерна при подработке	Землеемкость
	бункерная	амбарная		
Балахтинский	2,28	1,81		
Нижнеингашский	1,58	1,39		
Усть-Абаканский	1,02	0,8		

Задача 6

Район	Урожайность, ц/га		Потери зерна при подработке	Землеемкость
	бункерная	амбарная		
Канский	2,09	1,81		
Большемуртинский	1,38	1,05		
Аскизский	1,04	0,9		

Задача 7

Район	Урожайность, ц/га		Потери зерна при подработке	Землеемкость
	бункерная	амбарная		
Сухобузимский	2,09	1,81		
Дзержинский	1,46	1,2		
Беллыкский	1,34	1,1		

Задача 8

Район	Урожайность, ц/га		Потери зерна при подработке	Землеемкость
	бункерная	амбарная		
Емельяновский	2,47	2,1		
Тюхтетский	1,24	0,9		
Идринский	1,38	1,07		

Задача 9

Район	Урожайность, ц/га		Потери зерна при подработке	Землеемкость
	бункерная	амбарная		
Рыбинский	3,29	2,96		
Ачинский	1,38	1,19		
Каратузский	2,31	2,18		

Задача 10

Район	Урожайность, ц/га		Потери зерна при подработке	Землеемкость
	бункерная	амбарная		
Саянский	2,36	1,94		
Бирилюсский	1,25	1,13		
Орджоникидзевский	1,09	0,88		

Задача 11

Район	Урожайность, ц/га		Потери зерна при подработке	Землеемкость
	бункерная	амбарная		
Боготольский	1,89	1,51		
Березовский	2,09	1,86		
Курагинский	1,79	1,4		

Семинар 1. Проблемы рационального использования почв и развития земледелия Сибири и Красноярского края

На обширных пространствах азиатской части России мало пахотнопригодных почв. Если в среднем в СССР их доля в почвенном покрове составляла 10 %, то за Уралом – менее 5 % [Волковинцер с соавт., 1990].

В почвенном покрове Средней Сибири высокоплодородные почвы редки. В большинстве случаев плодородие почв севера лимитируют мерзлота, короткий период активных температур и безморозного периода (120–130 дней), весенние засухи, затяжные и проливные осенние дожди, повышенная кислотность или щелочность, засоленность.

Таблица 7 – Виды экологического риска при сельскохозяйственном использовании почв Сибири [Волковинцер, 1990]

Почвы	Традиционная технология	Интенсивная технология	
		в богарном режиме	в орошаемом режиме
Дерново-подзолистые	Водная эрозия	Водная эрозия, загрязнение водоемов удобрениями и ядохимикатами	Водная эрозия, загрязнение водоемов удобрениями и ядохимикатами, заболачивание орошаемых массивов
Серые лесные и черноземы оподзоленные	Водная эрозия, выпахивание	Водная эрозия, загрязнение водоемов удобрениями и ядохимикатами	Водная эрозия, загрязнение водоемов удобрениями и ядохимикатами
Черноземы выщелоченные и обыкновенные	Водная эрозия, выпахивание	Водная эрозия, загрязнение почв аккумулятивных ландшафтов удобрениями и ядохимикатами	Водная эрозия, усиление гидроморфизма почв подчиненных ландшафтов, загрязнение этих почв и водоемов удобрениями и ядохимикатами
Черноземы южные и каштановые	Дефляция, выпахивание	Не применяется	Ирригационная эрозия, вторичное осолонцевание и засоление, загрязнение почв подчиненных ландшафтов, грунтовых вод и водоемов удобрениями и ядохимикатами
Лугово-черноземные	Выпахивание	Загрязнение почв подчиненных ландшафтов, грунтовых вод и водоемов удобрениями и ядохимикатами	Усиление гидроморфизма почв подчиненных ландшафтов, загрязнение этих почв и водоемов удобрениями и ядохимикатами
Лугово-каштановые	Дефляция, выпахивание	То же	То же

Таким образом, для Сибири проблема рационального природопользования особенно актуальна. Использование почвенного покрова Сибири не ограничивается потребностями сельскохозяйственного производства. Большие площади отводятся для нужд лесного хозяйства, транспортного и промышленного строительства, горных разработок. Вся эта деятельность сопровождается ухудшением качества почвенных ресурсов на горях, вырубках и других участках.

Материалы и оборудование: конспекты лекций, научных публикаций.

Задание

1. Изучите научные работы исследователей по теме семинара.
2. Дайте ответы на вопросы.

Форма отчетности: ответы оцениваются баллами по пятизначной шкале.

Вопросы к семинару

1. Географическое положение Сибирского региона и Красноярского края.
2. Особенности климатических условий земледельческой части Сибири и Красноярского края.
3. Основные агроклиматические показатели земледельческой части Красноярского края. Их величины.
4. Особенности почв и почвенного покрова земледельческой части Сибири и Красноярского края.
5. Типы деградации почв и земель в Сибири и Красноярском крае. Причины деградации.
6. Природные факторы, сдерживающие развитие земледелия Сибири и Красноярского края.
7. Социально-экономические факторы, сдерживающие развитие земледелия Сибири и Красноярского края.
8. Продуктивность основных сельскохозяйственных культур в Сибири и Красноярском крае.
9. Причины низкой доходности сельскохозяйственных предприятий Красноярского края.
10. Хозяйства Красноярского края, достигшие существенных экономических результатов. Условия и факторы, обусловившие эти достижения.
11. Охарактеризуйте роль леса в экологической оптимизации агроландшафтов Сибири и земледельческой части Красноярского края.

Модуль 2

Стратегии рационального использования почвенного покрова

Лабораторная работа 6. Проектирование почвозащитного севооборота

Основные теоретические положения

Первоочередная задача экологизации земледелия заключается в адекватном размещении культур в соответствии с их биологическими требованиями, что может быть достигнуто формированием специализированных севооборотов применительно к агроэкологическим типам земель.

Севооборот формирует агроценоз ландшафта и пространственное размещение культур в нем. Кроме того, схема севооборота становится матрицей для формирования системы обработки почвы, системы удобрения и системы защиты культур от болезней и вредителей.

Адаптивный почвозащитный севооборот должен отвечать следующим основным требованиям:

- ✓ культуры должны соответствовать почвенным условиям;
- ✓ соотношение культур должно отвечать почвозащитным требованиям;
- ✓ основные культуры высеваются по благоприятным предшественникам;
- ✓ обязательно выращивание многолетних бобовых трав.

Основой адаптивно-ландшафтных систем земледелия, как и других, выступают структура посевных площадей и севообороты, дифференцирующиеся в зависимости от агроэкологических особенностей типов земель. К одной из существенных особенностей типов земель Сибирского региона относится изменчивость гидротермических ресурсов между сельскохозяйственными годами и сезонами, обуславливающая необходимость применения в агротехнологиях приемов засушливого, нормального и переувлажненного земледелия. Эта особенность предполагает адаптацию технологий возделывания сельскохозяйственных культур к временной изменчивости агроклиматических ресурсов в адаптивно-мобильных севооборотах [Власенко с соавт., 2006].

На основе агроэкологической группировки земель проводят размещение севооборотов с соответствующей каждой группе земель структурой посевных площадей и оптимальным чередованием культур. Все земли при установлении категорий эрозионной опасности разбиваются на 4 группы, включающие в себя 9 категорий [Топтыгин, 2018]:

А. Земли, пригодные для интенсивного использования в земледелии:

I категория. Земли не подвержены водной эрозии (несмытые почвы), расположены на водоразделах и приводораздельных склонах крутизной до 1°. Длина линии стока составляет до 1200 м. Потенциальная интенсивность смыва почвы не превышает 3 т/га в год.

II категория. Земли, подверженные слабой эрозии (несмытые и слабосмытые почвы). Верхние пологие участки склонов крутизной до 3°. Длина линии стока не превышает 300 м. Потенциальная интенсивность смыва почвы 3,1–10 т/га в год.

III категория. Земли, подверженные водной эрозии (слабосмытые и среднесмытые почвы). Средние и частично верхние части склонов крутизной до 5°. Длина линии стока – 300–600 м. Потенциальный смыв почв – 10,1–20 т/га в год.

Б. Земли, пригодные для ограниченной обработки и непригодные для возделывания пропашных культур:

IV категория. Земли, подверженные сильной эрозии (средне- и сильносмытые почвы). Средние и частично нижние части склонов крутизной до 3°. Длина линии стока – 800–1000 м. Потенциальная интенсивность смыва почвы – 20,1–40 т/га в год.

V категория. Земли, очень сильноподверженные эрозии (сильносмытые почвы). Нижние, примыкающие к бровкам балок, части склонов крутизной 8–10°. Длина линии стока – более 1000 м. Потенциальная интенсивность смыва почвы – свыше 40 т/га в год.

В. Земли, непригодные для обработки:

VI категория. Земли балок, верхние их части, примыкающие к пашне, с крутизной склонов 10–15°. Длина линии стока – 1000–1500 м. Травостой изрежен, встречаются промоины. Интенсивность смыва почвы при распашке может достигать 100–150 т/га в год.

VII категория. Земли нижних частей склонов балок крутизной 15–17° и днища балок. Длина линии стока – 1500–2000 м. Потенциальная интенсивность смыва почвы при распашке может достигать 150 т/га и более в год.

Г. Земли, непригодные для использования под сельскохозяйственные угодья:

VIII категория. Балочные склоны крутизной более 8–10°, изрезанные частыми промоинами, расположенные между оврагами глубиной более 10 м, расстояние между оврагами не превышает 150–200 м. Узкие, менее 200–250 м балки с очень крутыми склонами более 17–20°,

их днища, являющиеся местом стока талых и ливневых вод, подвергаются размыву.

IX категория. Овраги, не подлежащие выполаживанию, выходы мела, галечника, каменные осыпи, пески и др.

Специализация сельскохозяйственного производства определяет структуру посевных площадей. Но в условиях эрозии почв необходимо оценить почвозащитную роль структуры посевных площадей, так как возделывание некоторых культур может усилить смыв почвы [Заславский, 1987; Система земледелия..., 2015]. Структура посевных площадей на момент землеустройства и по проекту оценивается через средневзвешенную величину коэффициента эрозионной опасности культур (табл. 8).

Таблица 8 – Эрозионная опасность сельскохозяйственных культур

Код культуры	Культура	Критерий эрозионной опасности (K_k)
1	Озимая пшеница	0,40
2	Яровая пшеница	0,50
3	Озимый ячмень	0,40
4	Яровой ячмень	0,50
5	Озимая рожь	0,40
6	Овес	0,50
7	Горох	0,50
8	Гречиха	0,50
9	Рис	0,40
10	Кукуруза на зерно	0,80
11	Кукуруза на силос	0,70
12	Сахарная свекла	0,85
13	Кормовая свекла	0,85
14	Подсолнечник	0,75
15	Соя	0,60
16	Овощи	0,70
17	Картофель	0,75
18	Рапс масличный	0,40
19	Силосные без кукурузы	0,35
20	Однолетние травы, сено	0,35
21	Однолетние травы, зеленая масса	0,35
22	Мн. травы первого года, сено	0,08
23	Мн. травы первого года, зеленая масса	0,08
24	Мн. травы второго года, сено	0,05
25	Мн. травы второго года, зеленая масса	0,05
26	Черный пар	1,00

Установлено, что при средневзвешенном коэффициенте эрозионной опасности структуры посевов 0,3–0,4 набор культур препятствует развитию эрозии выше допустимых пределов. Если же он больше в заданной структуре посевов, его необходимо довести до указанных пределов. Выполняют это путем увеличения доли культур с низкими коэффициентами эрозионной опасности (озимые, яровые зерновые, многолетние и однолетние травы) за счет уменьшения посевов культур с большими коэффициентами (пропашные культуры). Приведенные коэффициенты эрозионной опасности соответствуют участкам с крутизной склона от 3 до 7–8° (в среднем 6°). На ровной местности опасность смыва при любом составе культур близка к нулю. Поэтому вводится поправка, учитывающая крутизну склонов

$$K_{kj} = \sum K_k \times i_m^0 / 6,$$

где K_{kj} – коэффициент эрозионной опасности сельскохозяйственных культур с учетом среднего уклона севооборотного массива;

i_m^0 – средняя крутизна склона по севообороту, град;

K_k – стандартный коэффициент эрозионной опасности (табл. 8);

6 – количество культур в севообороте.

Установление состава и площадей угодий

Состав и площади угодий устанавливаются с учетом перспектив развития хозяйства, эродированности земель и потенциального проявления процессов эрозии на их территории. Установление проектного состава и площадей угодий производится по производственным подразделениям и хозяйству в целом в соответствии с категориями эрозионно опасных земель.

Под пашню осваиваются все пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур земли I–V категорий эрозионной опасности.

Отдельные небольшие участки пашни VI категории эрозионной опасности, сильно эродированные, изрезанные оврагами, промоинами потерявшие гумусовый горизонт, неудобные для применения современной сельскохозяйственной техники, отводятся под залужение.

В зависимости от эродированности пашни и длины склонов примерно 2,5–3,0 % пашни предусматривается под лесные полосы, которые будут запроектированы по границам полей, севооборотов, рабочих участков. Под облесение пашня отводится в том случае, если она размещается между оврагами, намечаемыми под облесение, так

как перевод ее в пастбища и сенокосы не предотвратит развитие процессов эрозии.

Одним из основных вопросов при проектировании севооборотов на эродированных землях является разработка системы полевых и почвозащитных севооборотов и размещение их в соответствии с категориями эрозионной опасности земель.

На землях, подверженных эрозии, IV, V и частично III категории, где интенсивность смыва может достигать 15–20 т/га, проектируются почвозащитные севообороты с большим удельным весом многолетних трав, коэффициенты эрозионной опасности состава культур в них не должны превышать 0,35–0,40. Возделывание пропашных и яровых культур на этих землях нецелесообразно, так как резко снижается урожайность и усиливаются процессы эрозии.

Установление площади почвозащитного севооборота производится одновременно с его размещением на территории, с учетом проектирования полей, чтобы неудобные участки нижних частей склонов не дробились проектными границами полей. Количество полей определяется набором культур в севообороте, при этом культуры, занимающие наибольшие площади, могут быть в сборных полях, а пар в целях его защиты от эрозии может быть занятым [Защита почв..., 1981].

Полученный набор культур в севообороте оцениваем по данным таблицы 9.

Таблица 9 – Допустимые критерии эрозионной опасности севооборота в зависимости от категорий земель

Код категории земель	Допустимые критерии эрозионной опасности севооборота
1	0,80
2	0,60
3	0,50
4	0,30
5	0,90
6	0,95

Если величина среднего критерия (на севооборот) больше табличного, то составленный нами севооборот не обладает достаточной противоэрозионной устойчивостью. Нужно увеличить долю менее эрозионно опасных культур. Если фактическая величина равна или меньше табличной, то данный севооборот обладает достаточной эрозионной устойчивостью.

В заключение еще раз оцениваем правильность чередования культур и качество предшественников для основных культур. В случае положительной оценки севооборот считается обладающим почвозащитными свойствами.

Далее определяем процентное соотношение культур, соответствующее агропроизводственной группе земель (табл. 10). При этом в рамках ограничений по соотношению групп культур следует также руководствоваться общепринятыми правилами построения севооборотов.

Дополнительно надо иметь в виду, что севооборот должен быть насыщен почвозащитными культурами и культурами азотфиксаторами в максимально возможной степени. Кроме того, севооборот должен быть относительно коротким. Это необходимо для того, чтобы культуры-почвоулучшители как можно чаще высевались на данном поле.

Таблица 10 – Допустимые доли групп культур, %

Код категории земель	Зерновые и зернобобовые	Пропашные	Многолетние и однолетние травы	Черный пар
1	Без ограничений	Без ограничений	Без ограничений	<12
2	> 50	<30	>20	0
3	> 50	<30	>20	0
4	>60	<20	>20	0
5	<50	0	> 50	0
6	<50	>30	>20	<12
7	<60	<20	>20	<12

На плодородных пойменных землях проектируются овощные и овощекормовые севообороты. Их размеры определяются планом посева овощных культур, площадью пригодных для них земель и правильным чередованием культур.

Под полевые севообороты, насыщенные пропашными и другими интенсивными культурами, используются основные площади пахотных земель, лучшие по условиям почв и рельефа (в основном I и II категории земель), расположенные крупными и компактными массивами.

Правила проектирования севооборотов

На землях III категории (где смыл почвы свыше 15 тонн), а также землях, относящихся к IV категории, проектируется почвозащитный севооборот, на землях I, II категории – полевые севообороты.

При этом для удобства проектирования полей в севооборотных массивах могут встречаться участки земель разных категорий.

Севооборот – это научно обоснованное чередование культур во времени и пространстве. Он делится на звенья:

1) в каждом звене первая культура – улучшающая плодородие, после нее возделывается наиболее ценная для Сибири – яровая пшеница;

2) лучшие предшественники для яровой пшеницы (по убыванию) – паровое поле, многолетние травы, горох, кукуруза, корнеплоды, однолетние травы;

3) нельзя два года подряд выращивать яровую пшеницу на одном поле. После нее можно возделывать ячмень, затем овес;

4) озимая рожь должна высеваться после однолетних трав, донника, убираемых в июле, или пара, так как ее посев необходимо проводить не позднее 25 августа;

5) поля должны быть равновеликими (допустимое отклонение от среднего размера поля составляет 10–15 % в полевых севооборотах и до 20 % – в почвозащитных);

6) поля севооборота могут быть сборными, т.е. состоять из нескольких культур, но одного типа, например картофель и кукуруза;

7) количество полей в севообороте зависит от набора культур;

8) севообороты выполняют существенную роль в предотвращении эрозионных процессов. От подбора культур по их почвозащитной способности и чувствительности к смывости почв зависит продуктивность пашни и сохранность почвенного покрова. Формирование севооборотов в сложных эрозионных ландшафтах осуществляется с учетом расчлененности территории и крутизны склонов. В условиях, где водная эрозия почвы наиболее интенсивно проявляется в период весеннего снеготаяния, под интенсивные севообороты зернопропашные севообороты и зернопаропропашные севообороты рекомендуется отводить несмытые и слабосмытые черноземы и темно-серые лесные почвы на склонах крутизной до 3°, а на серых и светло-серых лесных почвах – до 2°. На слабо- и среднесмытых черноземах и темно-серых лесных почвах с крутизной склонов 3–5°, серых и светло-серых с уклоном 2–3° вводятся травопольные севообороты. На средне- и сильносмытых черноземах и темно-серых лесных почвах на склонах более 5°, серых и светло-серых лесных почвах на склонах более 4° следует

вводить почвозащитные севообороты, включающие 50 % и более многолетних трав;

9) наиболее типичные севообороты:

– *почвозащитный*:

- 1) пшеница + многолетние травы;
- 2) многолетние травы;
- 3) многолетние травы;
- 4) многолетние травы;

– *полевой*:

- 1) чистый пар;
- 2) пшеница;
- 3) кукуруза;
- 4) пшеница;
- 5) горох (однолетние травы);
- 6) пшеница;
- 7) ячмень;
- 8) овес

При размещении севооборотов учитывают рельеф, почвы и их эродированность, размеры и конфигурацию пахотных массивов, предварительное размещение водорегулирующих и других лесных полос.

Материалы и оборудование: рабочая тетрадь, учебное пособие, калькулятор, карточки-задания.

Задание

1. Изучите приемы формирования адаптивных почвозащитных севооборотов для различных агроландшафтов.

2. По данным задания (агропроизводственной группировки почв) составьте полевые и почвозащитные севообороты.

3. Подбор сельскохозяйственных культур для севооборота проводите в соответствии с категориями земель и эрозионной и дефляционной опасности каждой из культур по таблице 8.

4. Рассчитайте средний критерий эрозионной опасности по севообороту и сравните его с данными таблицы 9, сделайте обоснование.

5. Определите процентное соотношение культур, соответствующее агропроизводственной группе земель (см. табл. 10).

Задачи

Задача 1

Агропроизводственная группировка земель (агроландшафтов)
Канского района, ОАО «Племзавод Красный Маяк»

Код категории	Почвы
1	Черноземы обыкновенные, выщелоченные тяжелосуглинистые. Крутизна склона 0–2°
3	Темно-серые лесные тяжелосуглинистые слабосмытые. Крутизна склонов до 4°
6	Лугово-черноземные, луговые, сильно глееватые, плотные, вязкие, глинистые

Задача 2

Агропроизводственная группировка земель (агроландшафтов)
Дзержинского района, СПК «Диана»

Код категории	Почвы
3	Дерново-подзолистые тяжелосуглинистые слабосмытые. Крутизна склонов до 4°
4	Серые лесные глеевые, черноземы оподзоленные маломощные, эрозионно опасные. Крутизна склона >5°
5	Черноземы выщелоченные (пыхуны), легкосуглинистые, слабооструктуренные. Крутизна склона >5° (до 8–10°)

Задача 3

Агропроизводственная группировка земель (агроландшафтов)
Уярского района, ЗАО «Авдинское»

Код категории	Почвы
1	Черноземы выщелоченные, обыкновенные среднесуглинистые. Крутизна склона 0–2°
2	Черноземы обыкновенные, оподзоленные легкосуглинистые, неводопрочной структуры, подверженные эрозии. Крутизна склона 2–3°
3	Светло-серые и серые лесные тяжелосуглинистые слабосмытые. Крутизна склонов до 4°

Задача 4

Агропроизводственная группировка земель (агроландшафтов)
Большемуртинского района, ООО «АгроЭлита»

Код категории	Почвы
1	Черноземы выщелоченные среднесуглинистые, темно-серые лесные тяжелосуглинистые. Крутизна склона 0–2°
2	Черноземы выщелоченные и оподзоленные среднесуглинистые, подверженные водной эрозии. Крутизна склона 2–3°
4	Серые лесные глеевые, черноземы оподзоленные маломощные, эрозионно опасные. Крутизна склона >5°

Задача 5

Агропроизводственная группировка земель (агроландшафтов)
Емельяновского района, ЗАО «Частоостровское»

Код категории	Почвы
1	Черноземы обыкновенные тяжелосуглинистые, не подверженные эрозии. Крутизна склона 0–3°
3	Черноземы выщелоченные, глинистые, не подверженные эрозии. Крутизна склона 3–5°
6	Серые лесные тяжелосуглинистые слабосмытые. Крутизна склонов до 4°

Задача 6

Агропроизводственная группировка земель (агроландшафтов)
Сухобузимского района, ООО «Племзавод Таежный»

Код категории	Почвы
1	Черноземы выщелоченные среднесуглинистые. Крутизна склона 0–2°
2	Черноземы обыкновенные легкосуглинистые, неводопрочной структуры, подверженные эрозии. Крутизна склона 2–3°
3	Темно-серые лесные тяжелосуглинистые слабосмытые. Крутизна склонов до 4°

Задача 7

Агропроизводственная группировка земель (агроландшафтов)
Шарыповского района, ЗАО «Авангард»

Код категории	Почвы
1	Черноземы выщелоченные среднесуглинистые. Крутизна склона 0–2°
2	Черноземы оподзоленные легкосуглинистые, неводопрочной структуры, подверженные эрозии. Крутизна склона 2–3°
3	Темно-серые лесные тяжелосуглинистые слабосмытые. Крутизна склонов до 4°

Задача 8

Агропроизводственная группировка земель (агроландшафтов)
Назаровского района, ЗАО «Назаровское»

Код категории	Почвы
1	Черноземы обыкновенные, выщелоченные среднесуглинистые. Крутизна склона 0–2°
3	Черноземы выщелоченные, глинистые, не подверженные эрозии. Крутизна склона 3–5°
5	Черноземы выщелоченные (пыхуны), легкосуглинистые, слабооструктуренные. Крутизна склона >5° (до 8–10°)

Задача 9

Агропроизводственная группировка земель (агроландшафтов)
Минусинского района, ЗАО «Тагарское»

Код категории	Почвы
1	Черноземы обыкновенные тяжелосуглинистые, южные, не подверженные эрозии. Крутизна склона 0–3°
2	Черноземы южные и светло-каштановые, неводопроходной структуры, подверженные эрозии. Крутизна склона 2–3°
5	Черноземы обыкновенные солонцеватые легкосуглинистые, слабооструктуренные, солонец. Крутизна склона >5° (до 8–10°)

Задача 10

Агропроизводственная группировка земель (агроландшафтов)
Ачинского района, ООО «Агросфера»

Код категории	Почвы
1	Черноземы выщелоченные, темно-серые лесные среднесуглинистые. Крутизна склона 0–2°
4	Серые лесные глеевые, черноземы оподзоленные маломощные, эрозионно опасные. Крутизна склона >5°
5	Пойменные, луговые, сильно глееватые, плотные, вязкие, глинистые. Крутизна склона >5° (до 8–10°)

Задача 11

Агропроизводственная группировка земель (агрорландшафтов) Тюхтетского района, Сельскохозяйственный производственный кооператив (колхоз) «Труженник»

Код категории	Почвы
1	Дерново-, слабо- и среднеподзолистые, дерново-подзолистые оглеенные среднесуглинистые. Крутизна склона 0–2°
4	Серые и темно-серые лесные со вторым гумусовым горизонтом, эрозийно опасные. Крутизна склона >5°
6	Болотные торфяные низинные, аллювиально-болотные иловато-торфяные, сильноглееватые, плотные, вязкие, глинистые

Задача 12

Агропроизводственная группировка земель (агрорландшафтов) Новоселовского района, ЗАО «Светлолобовское»

Код категории	Почвы
1	Черноземы обыкновенные тяжелосуглинистые. Крутизна склона 0–2°
4	Темно-серые лесные тяжелосуглинистые слабосмытые. Крутизна склонов до 4°
6	Болотные, луговые, лугово-черноземные плотные, вязкие, глинистые

Задача 13

Агропроизводственная группировка земель (агрорландшафтов) Минусинского района, ООО «Ничкинское»

Код категории	Почвы
1	Черноземы обыкновенные тяжелосуглинистые, южные, не подверженные эрозии. Крутизна склона 0–3°
2	Черноземы южные и светло-каштановые, неводопрочной структуры, подверженные эрозии. Крутизна склона 2–3°
4	Темно-каштановые, черноземы обыкновенные солонцеватые тяжелосуглинистые сильносмытые. Крутизна склона до >5°

Задача 14

Агропроизводственная группировка земель (агрорландшафтов) Балахтинского района, ООО «Чистопольские нивы»

Код категории	Почвы
1	Черноземы обыкновенные, выщелоченные среднесуглинистые. Крутизна склона 0–2°
3	Черноземы выщелоченные, глинистые, не подверженные эрозии. Крутизна склона 3–5°
4	Черноземы обыкновенные солонцеватые тяжелосуглинистые сильносмытые. Крутизна склона до >5°

Лабораторная работа 7. Моделирование почвозащитной основной обработки почвы

Основные теоретические положения

Алгоритм выбора приема основной обработки почвы предложен В.К. Каличкиным, Ю.П. Филимоновым, Л.Н. Иодко (2005). Главная цель – выбрать прием, позволяющий сократить затраты на обработку почвы и уменьшить вред последующим посевам.

Такая система подразумевает применение приемов обработки почвы под конкретные сельскохозяйственные культуры с учетом фактического агроэкологического состояния поля.

Ресурсосбережение в почвообработке складывается из двух источников: сокращение энергетических затрат на обработку почвы и получение дополнительной продукции за счет выбора лучшего приема.

Выбор приема зяблевой обработки осуществляется на основе многофакториальной системы оценки по шкале:

5 баллов – лучший прием;

3 балла – возможный прием;

1 балл – худший.

Оценка приема относительно одной конкретной комбинации агроэкологических факторов, складывающейся перед основной (зяблевой) обработкой почвы, проводится по формуле

$$СБ = \sum БФ / n,$$

где СБ – средний балл оценки приема;

БФ – балл оценки приема по фактору;

n – число факторов.

Важнейшим фактором, определяющим выбор системы и приема обработки почвы, выступает подверженность земель водной и ветровой эрозии. Для выбора оптимальных приемов основной обработки почвы пахотные земли подразделяются на две группы, различающиеся определяющими агроэкологическими факторами и их ранжированием: *эрозионно неопасные* и *эрозионно опасные*, в т.ч. дефляционно опасные.

На **эрозионно неопасных** землях выделяется 7 факторов.

Предшественник:

1) многолетние травы → вспашка;

2) однолетние культуры – выбор приема зависит от других факторов.

Засоренность предшественника:

- 1) засоренность малолетними и многолетними сорняками выше ЭПВ – эффективна вспашка;
- 2) засорение многолетними сорняками выше ЭПВ – безотвальное рыхление на глубину 25–27, вспашка;
- 3) малозасоренные – химическая прополка.

Свойства пахотного слоя:

- 1) оструктуренные не заплывающие, с плотностью сложения $< 1,18 \text{ г/см}^3$ – без осенней обработки, либо мелкая плоскорезная;
- 2) неструктуренные заплывающие с плотностью сложения $> 1,18 \text{ г/см}^3$ – глубокое безотвальное рыхление.

Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы:

- 1) повышенные – $> 50 \%$ от НВ требуется мелкая плоскорезная обработка или без осенней обработки;
- 2) пониженные – $< 50 \%$ от НВ – глубокое безотвальное рыхление, по вспашке накопление и усвояемость осадков ниже.

Запасы нитратов в метровом слое почвы:

- 1) повышенные, когда нитратов $> 15 \text{ мг/кг}$ почвы – не обрабатывать с осени, либо мелкая плоскорезная обработка;
- 2) пониженные, при запасах $< 15 \text{ мг/кг}$ почвы – вспашка, глубокое безотвальное рыхление.

Осенне-зимне-весеннее увлажнение:

- 1) повышенное, когда прогнозируется выпадение осадков после зяблевой обработки до начала полевых работ $> 100 \%$ от НВ ($> 240 \text{ мм}$ с учетом остаточного количества влаги в метровом слое почвы) – почву лучше оставить без обработки осенью или провести мелкую безотвальную;
- 2) пониженное $< 70 \%$ от НВ ($< 170 \text{ мм}$) – отдать предпочтение почвозащитным, т.е. глубокому или мелкому безотвальному рыхлению.

Увлажнение вегетационного периода:

- 1) повышенное, когда коэффициент увлажнения вегетационного периода > 1 (сумма осадков за июнь и июль $> 120 \text{ мм}$) – предпочтительнее глубокая зяблевая обработка;
- 2) пониженное, когда коэффициент увлажнения вегетационного периода < 1 (сумма осадков за июнь и июль $< 120 \text{ мм}$) – мелкая плоскорезная или нулевая обработка.

Эрозионно опасные земли подразделяются на две группы: дефляционно опасные, подверженные ветровой эрозии и эрозионно опасные, подверженные водной эрозии при весеннем снеготаянии и летних ливневых осадках.

Дефляционно опасные земли расположены в степной и южно-лесостепной зонах. На этих землях выбор приема основной обработки почвы определяют четыре фактора (табл. 11).

Предшественник:

1) многолетние травы – обрабатываются отвальными плугами, за исключением супесчаных разновидностей почв, где и травы могут обрабатываться безотвально;

2) однолетние культуры – выбор приема зависит от других факторов.

Солонцеватость:

1) незасоленные почвы;

2) солонцеватые почвы – выбор приема зависит от других факторов.

Засоренность. Градация фактора аналогична градации для эрозионно неопасных земель.

Гранулометрический состав почв:

1) супесчаные и легкосуглинистые разновидности почв с содержанием фракции физической глины до 30 %;

2) среднесуглинистые и тяжелосуглинистые разновидности почв с содержанием физической глины более 30 %.

На **эрозионно опасных** землях на выбор приема основной обработки почвы оказывают влияние **предшественники**. Фактор подразделяется на две группы:

1) многолетние травы, где применяется вспашка поперек склона. Ширина полос зависит от гранулометрического состава почвы и крутизны склона;

2) однолетние культуры, где применяется глубокое безотвальное рыхление.

На уклонах до 5° процессы эрозии снижаются до допустимых пределов (2–3 т/га) агротехническими приемами: противоэрозионная нарезка полей севооборота, почвозащитные севообороты и обработка почвы. На более крутых – специальными дорогостоящими приемами контурно-мелиоративного земледелия. При невозможности или нецелесообразности осуществления таких приемов эти земли подлежат переводу в другую категорию использования.

На склоновых землях полностью исключается мелкая плоскорезная обработка, увеличивающая смыв верхнего слоя почвы за счет незначительного повышения водопроницаемости и водопоглощения при снеготаянии. Нулевая зябь на склонах обеспечивает довольно высокую противоэрозионную устойчивость, но увеличивает поверхност-

ный сток талых вод. Оставление почвы без обработки с осени возможно на склонах, в паровых полях с дальнейшей обработкой по типу раннего пара. В этом случае допустима и вспашка поперек склона. Вспашка применяется и при разделке пласта многолетних трав. На протяженных склонах распашка пласта ведется полосами шириной 50–70 м в зависимости от типа почв и крутизны склона для предотвращения водотоков. Лучшим приемом на склонах выступает глубокое безотвальное рыхление под небольшим углом к горизонталям.

Таблица 11 – Матрица оценки приемов основной (зяблевой) обработки почвы по экологическим факторам, балл

Фактор	Градация факторов	Прием			
		В	БР	МП	Н
Эрозионно неопасные земли (не подверженные ветровой и водной эрозии)					
Предшественники	1. Многолетние травы	5	1	1	1
	2. Однолетние культуры	-	-	-	-
	3. Паровое поле	3	5	3	1
Засоренность	1. Засоренные малолетниками и многолетниками	5	1	1	1
	2. Засоренные многолетниками	5	5	1	1
	3. Малозасоренные	-	-	-	-
Свойства пахотного слоя почвы	1. Оструктуренный не заплывающий	1	1	3	5
	2. Заплывающий, солонцеватый	3	5	3	1
Запасы влаги в почве	1. Повышенные	1	1	3	5
	2. Пониженные	1	5	3	1
Запасы нитратов в почве	1. Повышенные	1	1	3	5
	2. Пониженные	5	5	3	1
Осенне-зимне-весеннее увлажнение	1. Повышенное	1	1	3	5
	2. Пониженное	1	5	3	1
Увлажнение вегетационного сезона	1. Повышенное	1	5	3	1
	2. Пониженное	1	1	3	5
Дефляционно опасные земли (подверженные ветровой эрозии)					
Предшественники	1. Многолетние травы	5	1	1	1
	2. Однолетние травы	-	-	-	-
Солонцеватость	1. Солонцеватые	1	5	1	1
	2. Незасоленные	-	-	-	-
Засоренность	1. Засоренные малолетниками и многолетниками	1	3	5	1
	2. Засоренные многолетниками	1	5	1	1
	3. Малозасоренные	1	1	3	5
Гранулометрический состав	1. Супесь и легкий суглинок	1	1	5	5
	2. Средний и тяжелый суглинок	1	5	3	3
Эрозионно опасные земли (подверженные водной эрозии)					
Предшественники	1. Однолетние культуры	1	5	1	1
	2. Многолетние травы	5	1	1	1

Материалы и оборудование: рабочая тетрадь, учебное пособие, калькулятор, карточки-задания.

Задание

1. На основании исходных данных (составленных ранее севооборотов) студент разрабатывает технологическую модель почвозащитной, адаптивной к особенностям ландшафта и возделываемых культур энергосберегающей системы обработки почвы.

2. Работа начинается с оценки агроэкологических условий по каждой культуре севооборота. Характеристика условий и выбор системы обработки проводятся в зависимости от категории земель.

I категория	
Предшественники	Определяется культурой севооборота
Засоренность	Показано в задании
Плотность сложения	Показано в задании
Запасы влаги в слое 0–100 см	Таблица П.3
Запасы нитратов в слое 0–100 см	Таблицы П.1, П.2
Осенне-зимне-весеннее увлажнение	Показано в задании
Увлажнение вегетационного периода	Показано в задании
IV категория	
Предшественники	Определяется культурой севооборота
V категория	
Предшественники	Определяется культурой севооборота

3. Оцените прием основной (зяблевой) обработки почвы по приведенной. Установите соответствующий условиям и культуре вид основной обработки, ее глубину и срок выполнения с учетом предшественника, а также действия и последствия каждой обработки. В соответствии с основной обработкой вводятся сопутствующие обработки, их глубина и время проведения. Данные кратко записываются в соответствующие графы таблицы.

4. После предложенной технологии системы обработки почвы следует дать ее обоснование. Необходимо указать, какие машины, орудия, комплексы используются для обработки почвы под каждую культуру. Рациональность разработанной системы обработки почвы в севообороте следует подкрепить данными исследователей.

Технологическая модель адаптивной почвозащитной системы обработки почвы в севообороте

Номер	Технология обработки	Календарный срок проведения	Агротехнический срок	Глубина обработки, см	Марка машины

Задачи

Задача 1

I категория	
Предшественники	
Засоренность	Малолетний (овсюжный)
Плотность сложения	0,9
Запасы влаги в слое 0–100 см	
Запасы нитратов в слое 0–100 см	
Осенне-зимне-весеннее увлажнение	300
Увлажнение вегетационного периода	110
III категория	
Предшественники	
Солонцеватость	Несолонцеватый
Засоренность	Малолетний
Гранулометрический состав (физ. глина, %)	41,4
VI категория	
Предшественник	

Задача 2

III категория	
Предшественники	
Солонцеватость	Несолонцеватый
Засоренность	Малолетний
Гранулометрический состав (физ. глина, %)	43
IV категория	
Предшественники	
V категория	
Предшественники	

Задача 3

I категория	
Предшественники	
Засоренность	Малолетний
Плотность сложения	1,0
Запасы влаги в слое 0–100 см	
Запасы нитратов в слое 0–100 см	
Осенне-зимне-весеннее увлажнение	300
Увлажнение вегетационного периода	120

II категория	
Предшественники	
Солонцеватость	
Засоренность	Корневищно-отпрысковый
Гранулометрический состав (физ. глина, %)	25
III категория	
Предшественники	
Солонцеватость	
Засоренность	Корневищно-отпрысковый
Гранулометрический состав (физ. глина, %)	40

Задача 4

I категория	
Предшественники	
Засоренность	Малолетний
Плотность сложения	1,2
Запасы влаги в слое 0–100 см	
Запасы нитратов в слое 0–100 см	
Осенне-зимне-весеннее увлажнение	320
Увлажнение вегетационного периода	105
II категория	
Предшественники	
Солонцеватость	Несолонцеватый
Засоренность	Малолетний и многолетний
Гранулометрический состав (физ. глина, %)	32
IV категория	
Предшественники	

Задача 5

I категория	
Предшественники	
Засоренность	Овсяжный
Плотность сложения	1,06
Запасы влаги в слое 0–100 см	
Запасы нитратов в слое 0–100 см	
Осенне-зимне-весеннее увлажнение	260
Увлажнение вегетационного периода	120

III категория	
Предшественники	
Солонцеватость	Несолонцеватый
Засоренность	Корневищный
Гранулометрический состав (физ. глина, %)	63
IV категория	
Предшественники	

Задача 6

I категория	
Предшественники	
Засоренность	Многолетний
Плотность сложения	0,83
Запасы влаги в слое 0–100 см	
Запасы нитратов в слое 0–100 см	
Осенне-зимне-весеннее увлажнение	280
Увлажнение вегетационного периода	130
II категория	
Предшественники	
Солонцеватость	Несолонцеватый
Засоренность	Корнеотпрысковый
Гранулометрический состав (физ. глина, %)	23
III категория	
Предшественники	
Солонцеватость	Несолонцеватый
Засоренность	Корнеотпрысковый
Гранулометрический состав (физ. глина, %)	45

Задача 7

I категория	
Предшественники	
Засоренность	Малолетний
Плотность сложения	1,03
Запасы влаги в слое 0–100 см	
Запасы нитратов в слое 0–100 см	
Осенне-зимне-весеннее увлажнение	320
Увлажнение вегетационного периода	110
II категория	
Предшественники	
Солонцеватость	Несолонцеватый
Засоренность	Корневищный
Гранулометрический состав (физ. глина, %)	28

III категория	
Предшественники	
Солонцеватость	Несолонцеватый
Засоренность	Корневищный
Гранулометрический состав (физ. глина, %)	44

Задача 8

I категория	
Предшественники	
Засоренность	Многолетний
Плотность сложения	1,1
Запасы влаги в слое 0–100 см	
Запасы нитратов в слое 0–100 см	
Осенне-зимне-весеннее увлажнение	320
Увлажнение вегетационного периода	110
III категория	
Предшественники	
Солонцеватость	Несолонцеватый
Засоренность	Корневищный
Гранулометрический состав (физ. глина, %)	64
V категория	
Предшественники	

Задача 9

I категория	
Предшественники	
Засоренность	Малолетний (просовидные)
Плотность сложения	1,29
Запасы влаги в слое 0–100 см	
Запасы нитратов в слое 0–100 см	
Осенне-зимне-весеннее увлажнение	210
Увлажнение вегетационного периода	100
II категория	
Предшественники	
Солонцеватость	Солонцеватый
Засоренность	Малолетний
Гранулометрический состав (физ. глина, %)	42
V категория	
Предшественники	

Задача 10

I категория	
Предшественники	
Засоренность	Корневищный
Плотность сложения	1,2
Запасы влаги в слое 0–100 см	
Запасы нитратов в слое 0–100 см	
Осенне-зимне-весеннее увлажнение	350
Увлажнение вегетационного периода	120
IV категория	
Предшественники	
V категория	
Предшественники	

Задача 11

I категория	
Предшественники	
Засоренность	Корневищно-отпрысковый
Плотность сложения	1,3
Запасы влаги в слое 0–100 см	
Запасы нитратов в слое 0–100 см	
Осенне-зимне-весеннее увлажнение	360
Увлажнение вегетационного периода	120
IV категория	
Предшественники	
VI категория	
Предшественники	

Задача 12

I категория	
Предшественники	
Засоренность	Многолетний
Плотность сложения	1,24
Запасы влаги в слое 0–100 см	
Запасы нитратов в слое 0–100 см	
Осенне-зимне-весеннее увлажнение	260
Увлажнение вегетационного периода	100
IV категория	
Предшественники	
VI категория	
Предшественники	

Задача 13

I категория	
Предшественники	
Засоренность	Просовидные
Плотность сложения	1,25
Запасы влаги в слое 0–100 см	
Запасы нитратов в слое 0–100 см	
Осенне-зимне-весеннее увлажнение	150
Увлажнение вегетационного периода	80
II категория	
Предшественники	
Солонцеватость	Солонцеватый
Засоренность	Корнеотпрысковый
Гранулометрический состав (физ. глина, %)	45
IV категория	
Предшественники	
Солонцеватость	Солонцеватый
Засоренность	Малолетний
Гранулометрический состав (физ. глина, %)	32

Задача 14

I категория	
Предшественники	
Засоренность	Корневищный
Плотность сложения	1,1
Запасы влаги в слое 0–100 см	
Запасы нитратов в слое 0–100 см	
Осенне-зимне-весеннее увлажнение	270
Увлажнение вегетационного периода	130
III категория	
Предшественники	
Солонцеватость	Несолонцеватый
Засоренность	Корневищный
Гранулометрический состав (физ. глина, %)	74
IV категория	
Предшественники	

Лабораторная работа 8. Рациональное распределение удобрений в севообороте

Основные теоретические положения

Как свидетельствуют данные В.И. Титовой (2016), в современных условиях принципиальные положения системы удобрения, не потеряв смыслового содержания, претерпевают значительные изменения в форме их реализации. В последние годы существенно уменьшились общие объемы образования отходов животноводства, изменилась и их характеристика.

Важнейший вопрос системы удобрений – удобрения в альтернативных системах земледелия и технологиях, основанных на минимизации обработки почвы. Применение удобрений в технологиях Mini-till и Strip-till имеет свои особенности. Технология No-till в этом направлении является наиболее проблемной, так как значительно осложняет возможности работы с удобрениями (прежде всего с фосфорсодержащими) и агроулучшителями.

В соответствии с традиционными технологиями возделывания сельскохозяйственных культур удобрения вносят или без учета уровней агрохимических показателей почвы, или принимают во внимание усредненные данные агрохимического обследования согласно агрохимическим паспортам полей. Внесение удобрений усредненными по полю (фиксированными) дозами не отвечает требованиям отдельных растений к уровню минерального питания. Технологии точного земледелия предусматривают внесение удобрений по отдельным контурам почвенного плодородия с использованием спутниковой навигации. Исследования зарубежных и отечественных ученых свидетельствуют о повышении и выравнивании урожайности культур при мелко-дифференцированном внесении азотных удобрений.

Неодинаковая потребность видов и сортов возделываемых культур в элементах питания обусловлена различиями вещественного (белки, углеводы, витамины и т.д.) и элементного (углерод, кислород, водород, азот, фосфор, калий, кальций, магний, сера и др.) состава основной (товарной) и побочной продукции. На вещественный и элементный состав любой культуры существенно влияют природные и антропогенные факторы, изменяющие ее рост, развитие, урожайность, качество и соотношение основной и побочной продукции.

Каждая культура в индивидуальном развитии от семени до семени проходит характерную только для него динамику (цикл) потребления питательных элементов. Период вегетации всех культур, различающихся по требовательности к элементам питания, можно разделить на три этапа.

Первый этап – прорастание семян → всходы. Для большинства культур характерна относительно слабая потребность в элементах питания. Однако именно в этот период культуры наиболее чувствительны к недостатку и избытку элементов питания, к повышенной концентрации солей и к неблагоприятной реакции почвенного раствора. Не обладая развитой корневой системой и значительными корневыми выделениями, культуры нуждаются в небольших (5–20 кг/га д.в.) количествах питательных элементов, но обязательно находящихся в легкоусвояемой водорастворимой форме. В качестве припосевного удобрения под все культуры наиболее эффективен гранулированный суперфосфат (10 кг/га д.в.). На бедных азотом почвах совместно с фосфором под ряд культур (бобовые, зернобобовые, овощные, пропашные) эффективно внесение азотных комплексных удобрений. Следует помнить, что недостаток макроэлементов выше комплексных в этот период не может быть полностью компенсирован даже избыточным питанием в последующие периоды!

Второй этап – период интенсивного роста и развития вегетативной массы – характерен для всех культур с интенсивным потреблением азота, затем фосфора и калия. Для калиелюбивых культур (подсолнечник, свекла, картофель, кукуруза и др.) калий занимает второе место. В этот период удобрения могут быть уже в виде солей, растворимых в слабых кислотах, но располагаться должны в зоне активно поглощающих их и воду корней растений.

Третий этап – период плодоношения – для большинства культур характерен общим снижением потребления элементов и сменой минимумов: возрастает потребность в фосфоре и калии, а для калиелюбивых культур – прежде всего в калии, и снижается в азоте. В этот период происходит перераспределение многих элементов: отток их из листьев к семенам, плодам, корне- и клубнеплодам. Потребляемые корнями элементы должны быть внесены ранее до посева (фосфор, калий, кальций), а иногда в виде дополнительных подкормок (азотные, а для калиелюбивых культур – часть калийных).

Сельскохозяйственные культуры значительно различаются по длительности каждого этапа и всего вегетационного периода. Наибо-

лее короткий период потребления, заканчивающийся в конце второго этапа роста, у яровой пшеницы, ячменя, овса, конопли, льна и редиса. Под эти культуры фосфорные, калийные и частично азотные удобрения должны быть внесены до посева, часть фосфора – при посеве и часть азота – в подкормки в начале второго периода. В третий период под зерновые колосовые возможны некорневые подкормки азотом для повышения белковости зерна.

Многие культуры (картофель, свекла, кукуруза, озимые зерновые, капуста, огурец, лук, морковь) потребляют питательные элементы в течение всего периода вегетации, но максимум наблюдается во втором этапе. Для этих культур наряду с допосевным и припосевным внесением удобрений целесообразны и подкормки наиболее подвижными их формами (микроудобрения, азотные и калийные).

Длительность потребления питательных элементов зависит и от скороспелости сортов. Более требовательны к условиям питания ранние сорта культур, под которые применяют допосевное и припосевное внесение удобрений. Средне- и позднеспелые сорта потребляют больше питательных элементов за более продолжительный период, поэтому удобрения под них вносят до посева, при посеве и в 1–2 или более подкормок.

Особенности культур проявляются и в неодинаковой способности их потреблять питательные элементы из труднодоступных соединений. Люпины, гречиха, горчица способны усваивать фосфор из труднодоступных (трехзамещенных) фосфатов почв и удобрений и улучшать фосфорное питание следующих за ними культур севооборотов. Бобовые культуры в зависимости от вида и длительности возделывания в симбиозе с клубеньковыми бактериями на 50–97 % удовлетворяют собственные потребности в азоте за счет огромных запасов его в атмосфере.

Почвенные факторы эффективности удобрений

Максимальные прибавки урожаев различных культур от удобрений наблюдаются на наиболее бедных (малоплодородных) почвах. При переходе к более плодородным и окультуренным почвам в качестве лимитирующих факторов продуктивности культур возрастает роль климатических условий. Поэтому эффективность удобрений, как правило, снижается. Такие явления наблюдаются при переходе от сильно- к средне- и слабоподзолистым разностям почв, от светло-

к темно-серым лесным, от оподзоленных и выщелоченных к обыкновенным и южным черноземам, от светло- к темно-каштановым почвам.

На легких по гранулометрическому составу почвах наиболее эффективны азотные, калийные и многие микроудобрения, а на тяжелых – фосфорные. Причем, если последние по минералогическому составу способны необменно фиксировать калий, то эффективны и калийные удобрения.

На эффективность удобрений сильное влияние оказывают *агрохимические свойства почв*, а именно содержание подвижных форм элементов питания. Азотные удобрения наиболее эффективны на дерново-подзолистых, серых лесных почвах, оподзоленных и выщелоченных черноземах и на всех типах орошаемых почв. Фосфорные удобрения – на южных и обыкновенных черноземах, каштановых и бурых почвах. Калийные удобрения наиболее действенны на торфяных почвах, с уменьшением эффективности на дерново-подзолистых, затем серых лесных, еще слабее на выщелоченных черноземах, а на каштановых почвах и южных черноземах она резко снижается.

Эффективность удобрений под культурами значительно возрастает при нейтрализации кислых и щелочных почв и достигает максимума при оптимальной реакции почвенной среды. Поэтому химическая мелиорация кислых (известкование) и щелочных (гипсование) почв должна быть первым обязательным этапом системы удобрения любых агроценозов на почвах с неблагоприятной реакцией среды.

Растения лучше поглощают азот из нитратных удобрений на кислых дерново-подзолистых, серых лесных почвах. Аммонийные формы азотных удобрений, наоборот, лучше используются растениями на нейтральных и карбонатных почвах. На дерново-подзолистых и других почвах с кислой реакцией эффективны труднорастворимые формы фосфорных удобрений (фосфоритная мука, фосфатшлак).

Определяя сроки и способы внесения минеральных удобрений, следует обращать внимание на то, что на дерново-подзолистых и серых лесных почвах, характеризующихся кислой реакцией среды, фосфорные водорастворимые удобрения лучше вносить весной для уменьшения связывания фосфатного иона почвенными частицами. В то же время труднорастворимые фосфорные удобрения (фосфоритную муку) на этих почвах лучше вносить осенью под основную обработку, чтобы повысить подвижность фосфора. На дерново-подзолистых почвах с промывным и периодически промывным водными режимами лучшим сроком внесения азотных удобрений явля-

ется весенний. В то время как на черноземных и каштановых почвах основное удобрение, в том числе и азотное, целесообразно применять осенью.

Глубина заделки удобрений также определяется почвенно-климатическими условиями. Различная глубина заделки удобрений вызывает различную интенсивность процессов разложения удобрений. В верхних слоях почвы создаются лучшие условия для жизнедеятельности аэробных микроорганизмов и превращения питательных веществ в усвояемые для растений формы, чем при глубокой заделке удобрений. Однако при мелкой заделке минеральных удобрений растения плохо используют питательные вещества, так как верхний слой почвы летом пересыхает, и мельчайшие корни и корневые волоски отмирают. Особенно нежелательна мелкая заделка удобрений в засушливых районах. На черноземах и каштановых почвах удобрения необходимо вносить глубже, а на дерново-подзолистых – на меньшую глубину.

Погодно-климатические условия. К погодно-климатическим условиям, определяющим эффективность сроков и способов, применяемых под культуры удобрений, относятся: сумма активных температур, сроки наступления весенних и осенних заморозков, количество и распределение в течение года осадков и влагообеспеченность почв основных регионов края. Солнечная энергия обуславливает фотосинтез, влагообеспеченность, питание, дыхание и другие процессы состояния роста, развития и продуктивности растений, а также динамику состояний сред обитания последних.

От температуры почвы зависят темпы трансформации в ней и потребления культурами питательных элементов. При температуре 8–10 °С в растениях уменьшаются поступление, передвижение и включение в обмен веществ азота и фосфора, а при температуре 5–6 °С и ниже потребление всех элементов резко снижается. С повышением температуры почвы с 10 до 25 °С потребление растениями питательных элементов и мобилизация подвижных форм их в почве возрастают.

Основные площади посевов находятся в районах с неустойчивой влагообеспеченностью. В связи с тем, что эффективность удобрений определяется количеством осадков, выпадающих в течение года, положительное их влияние снижается с севера на юг. Избыток влаги в почвах обуславливает внутрпочвенный, а на склонах и поверхностный сток природных вод, и миграцию с ними питательных элементов. Максимальное выщелачивание из почв кальция, серы, магния, азота,

углерода, натрия, калия происходит в весенние паводки и после уборки урожая осенью. В засушливые годы фосфорные и калийные удобрения могут обеспечивать более высокий прирост урожайности, чем во влажные. Это объясняется резким уменьшением подвижности почвенных соединений фосфора и калия в засушливые годы и значительно более высоким в связи с этим поглощением фосфора и калия из легкорастворимых удобрений.

Большое значение при использовании удобрений в различные по увлажнению годы имеет отношение отдельных культур к срокам увлажнения. Если для яровой пшеницы особенно велико значение весенних и раннелетних дождей, то кукуруза и просо хорошо используют осадки в середине и даже в конце лета. При возделывании картофеля недостаток осадков в июне-июле отрицательно сказывается на урожае. Для урожая озимых зерновых культур критическим в отношении влагообеспеченности является сентябрь.

Способы обработки почвы и обусловленные ими сроки, способы и глубина заделки удобрений, посадочного материала, видовой состав и чередование культур, количество и качество применяемых удобрений, способы защиты растений – все эти *агротехнические факторы* даже в идентичных почвенно-климатических условиях влияют на свойства и режимы почв, продуктивность культур и, следовательно, на эффективность удобрений.

Влияние севооборота на повышение усвояемости питательных веществ почвы и удобрений заключается в неодинаковом накоплении продуктивной влаги под различными предшественниками. Максимальные запасы продуктивной влаги накапливаются в чистом и занятом пару. Запасы влаги под озимой рожью и кукурузой на силос самые низкие.

При возделывании культур в севообороте создаются лучшие условия для накопления значительной массы питательных веществ в корневых и пожнивных остатках.

Культуры-предшественники оказывают неодинаковое влияние на эффективность удобрений. Растения, сильно снижающие содержание влаги в почве (многолетние травы, сахарная свекла), в условиях недостаточного увлажнения не обеспечивают высокой эффективности удобрений под последующие культуры. Культуры, следующие по чистому пару, развиваются в лучших условиях увлажнения и меньшей засоренности. Эффективность азотных удобрений по чистым парам на дерново-подзолистых и серых лесных почвах меньше, чем на

черноземных. Пропашные культуры (свекла, картофель) повышают потребность в удобрениях следующих за ними культур, но и оставляют после себя значительное количество неиспользованных питательных веществ. Они подавляют развитие корневой гнили у зерновых культур.

Однолетние культуры сплошного сева (зерновые и зернобобовые), а также однолетние травы и некоторые технические и масличные культуры (лен) оставляют после себя засоренные поля с пониженной влажностью почвы и невысоким содержанием усвояемых питательных элементов.

Эффективность удобрений при возделывании культур по пласту и обороту пласта снижается в районах недостаточного увлажнения. В то же время травы могут повышать потребность последующих культур в фосфоре, калии, чему способствует улучшение азотного режима после них.

Рациональное распределение удобрений в севообороте с учетом потребности в удобрениях

При рациональном распределении разных видов удобрений в севообороте необходимо руководствоваться следующими основными принципами [Сорокина, 2005].

Азотные удобрения в первую очередь вносятся под многолетние и однолетние травы, силосные культуры, повторные посевы зерновых и на хорошо обеспеченных фосфором и калием почвах.

Фосфорные удобрения необходимо вносить под зерновые культуры, размещенные по хорошим азотным предшественникам (чистым и занятым парам, пласту и обороту пласта многолетних трав), при оптимальных дозах азотных удобрений под них, под покровные культуры для многолетних трав, а также под пропашные (картофель, кормовые корнеплоды).

Калийные удобрения необходимо вносить один или два раза за ротацию севооборота под калиелюбивые культуры (картофель, кормовые корнеплоды, кукурузу, подсолнечник), в паровые поля (при опасности полегания зерновых культур), а также под многолетние травы и озимые культуры для лучшей их перезимовки.

Согласно современным научным разработкам установлены следующие закономерности:

1. Растения нуждаются в азотных удобрениях при содержании в пахотном слое $N-NO_3$ ниже 16 мг/кг почвы перед уходом в зиму и весной перед посевом.

2. Внесение фосфорных удобрений необходимо при содержании в пахотном слое P_2O_5 (мг на 100 г почвы): менее 15–20 по Кирсанову на серых лесных и дерново-подзолистых почвах, менее 10–15 по Чирикову на черноземах и других нейтральных почвах, менее 3,0–4,5 по Мачигину на карбонатных почвах.

3. Необходимость в калийных удобрениях возникает при содержании в пахотном слое K_2O (мг/100 г почвы): менее 15–20 по Кирсанову на серых лесных и дерново-подзолистых почвах, менее 9–11 по Чирикову на черноземах и других нейтральных почвах, менее 25–30 по Кирсанову на торфяных почвах, менее 30–40 по Мачигину на карбонатных почвах.

Эффективность удобрений обуславливается также уровнем влагообеспеченности поля, а именно запасом продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы и количеством осадков в критический (по отношению к влаге) период развития культуры. Для зерновых культур критическим является период от третьей декады мая до первой декады июля. В этот период осадки также важны для яровой пшеницы, которая размещается по пару. Отказ от применения удобрений будет обоснован, когда глубина промачивания почвы не превышает 0,5 м, а запас продуктивной влаги в этом слое ниже 60 мм. В засушливых условиях азот не действует, оказывая или угнетающее действие, либо остается в последствии. Хорошо действует фосфор и калий или один фосфор.

При пониженных температурах действует азот, причем аммиачные формы лучше, чем нитратные. Это связано с лучшим усвоением его растениями и быстрым включением в биосинтез белка и запасных веществ. Фосфор действует слабее, в основном ускоряя созревание, однако резко снижается доступность почвенных фосфатов и фосфатов удобрений из-за их «съеживания» в холодных условиях. Увеличение доз фосфорных удобрений не дает эффекта. На калийные удобрения лучше всего отзываются картофель, кормовые корнеплоды. Они приводят к повышению урожайности и улучшению качества. Под пшеницу калийные удобрения применяют только для борьбы с полеганием по паровым предшественникам и пласту многолетних трав.

По уровню насыщенности земледелия удобрениями выделяют следующие этапы: *стартовый (начальный), компенсационный и радикальный*.

Стартовый этап является для условий Красноярского края обязательным. Удобрения применяют в небольших дозах при посеве зерновых культур в рядки и посадке пропашных культур в лунки. Необходимость применения стартовых доз относится к азотным и фосфорным удобрениям. Дозы удобрений составляют 10–30 кг/га д.в.

Компенсационный этап предполагает возмещение элементов питания, отчужденных с урожаем сельскохозяйственных культур. Дозы применения удобрений обуславливаются экономическими и материально-техническими условиями хозяйства, как правило, это 60–70 кг/га д.в.

Радикальный этап предполагает расширенное воспроизводство почвенного плодородия. Дозы применения удобрений увеличиваются до 120 и более кг/га д.в.

Удобрения необходимо рационально распределить между культурами севооборота с учетом следующих факторов:

- 1) роли предшественника;
- 2) уровня обеспеченности почвы элементами питания;
- 3) биологических особенностей сельскохозяйственных растений и сортов;
- 4) цели возделывания культуры (ее доходность);
- 5) последствий удобрений;
- 6) состава и свойств удобрений.

Приемы внесения удобрений

Существенное влияние на выбор технологии и приемов внесения удобрений оказывают:

- 1) свойства самих удобрений, их физическое состояние, концентрация в них питательных элементов;
- 2) степень подвижности питательных веществ в удобрениях, их растворимость;
- 3) особенности взаимодействия удобрений с почвенно-поглощающим комплексом;
- 4) наличие в удобрениях балластных веществ и отношения к ним сельскохозяйственных культур (Cl, SO₄, Na и т.д.).

Приемы внесения есть не что иное, как сочетание сроков и способов внесения органических, минеральных и бактериальных удобрений, тесно связанных с агротехникой возделывания отдельных культур. Выбранный прием внесения удобрений определяет срок, глубину и пространственное размещение питательных веществ в почве.

Сроки внесения минеральных удобрений

Учитывая периодичность питания растений (критический период и период максимального потребления элементов питания), *выделяют три срока внесения удобрений.*

В зависимости от времени внесения удобрений и назначения различают следующие сроки:

- 1) основное удобрение (до посева): осеннее и весеннее;
- 2) припосевное (во время посева);
- 3) подкормка (послепосевное внесение удобрений в период роста растений).

Основное удобрение предназначено:

- обеспечивать растение элементами питания на весь период его развития;
- повышать плодородие почвы;
- улучшать физические и физико-химические свойства почвы;
- стимулировать биологическую активность.

Поэтому для подавляющего большинства культур в условиях достаточного увлажнения и орошаемого земледелия основное удобрение составляет 60–90 %, а недостаточного увлажнения – 90–100 % общей дозы. В районах с гумидным климатом основное внесение фосфорно-калийных удобрений осуществляют обычно осенью под вспашку, а азотных – весной под предпосевную культивацию. В зонах достаточного увлажнения при промывном типе водного режима почв азотные удобрения с осени вносить нецелесообразно из-за высокой их растворимости и возможного вымывания. В условиях недостаточного увлажнения из-за пересыхания верхней части пахотного слоя почвы имеет преимущество глубокая заделка удобрения до посева под зяблевую вспашку.

Припосевное удобрение вносят одновременно с посевом или посадкой полевых и овощных культур непосредственно в рядки.

Припосевное рядковое удобрение предназначено для удовлетворения потребностей культур в питательных элементах в период про-

растания семян до появления полных всходов, поэтому редко превышает 2–10 % общей дозы и представлено водорастворимыми формами. В период от прорастания семян до образования корневой системы всходы слабо усваивают питательные вещества почвы и основного удобрения. Припосевное удобрение позволяет растениям за короткий срок сформировать хорошо развитую корневую систему, улучшает питание растений в течение всего вегетационного периода.

Виды и формы припосевного удобрения predeterminedены его назначением. В первые две недели после прорастания семян у растений наступает критический период к недостатку фосфора. Поэтому решающее значение в составе рядкового удобрения имеет фосфорное. В то же время проростки семян очень чувствительны к высокой концентрации почвенного раствора. В связи с этим непосредственно в рядки вносят в зависимости от культуры небольшие дозы удобрений (5–20 кг/га д.в.).

Послепосевное удобрение (подкормку) проводят при недостаточном внесении основного удобрения, для улучшения качества продукции, удовлетворения потребностей культур, чаще всего в азоте, реже в калии, в период максимального поглощения их в течение вегетации. На долю этого приема может приходиться 20–30 % общей дозы. В большинстве случаев фосфорно-калийные подкормки вследствие мелкой заделки удобрений неэффективны и ими нельзя заменить основное удобрение. Они целесообразны только на слабо обеспеченных этими элементами почвах при отсутствии или недостаточном внесении основного удобрения, когда симптомы голодания растений обнаруживаются по внешним признакам. Под овощные, кормовые и пропашные культуры на легких почвах наряду с азотными возможны подкормки калийными, а под двумя последними группами культур и жидкими органическими удобрениями.

Подкормки азотными удобрениями обязательны, как правило, для озимых зерновых и многолетних злаковых трав. Вышедшие после перезимовки растения ослаблены, микробиологическая деятельность в почве в этот период заторможена, растения испытывают недостаток азота. При этом внесение мочевины разбросным способом исключается из-за больших газообразных потерь азота при ее разложении. Для повышения эффективности ранневесенних подкормок и уменьшения потерь азота их не следует проводить до полного схода снега и сброса снеговой воды. Вносить азот под озимые культуры следует весной, когда растения тронутся в рост, при этом наиболее эффектив-

на прикорневая подкормка. Прикорневую подкормку озимых культур проводят при помощи зерновых сеялок с дисковыми сошниками поперек рядков растений после схода снега и подсыхания почвы, чтобы не повредить посевы.

На посевах кукурузы азотную подкормку дают во время первой междурядной обработки, картофеля – через 10–15 дней после всходов.

Способы внесения удобрений

Действие удобрений на урожайность культур определяется не только количеством и качеством минеральных удобрений (химический состав, физическое состояние), но также и *способом* его внесения в почву.

Способ внесения (заделки) удобрения – это установленная схема размещения питательных элементов удобрения в пахотном слое почвы с помощью посадочных машин, существующих конструкций комбинированных сеялок. Учитывая *характер распределения удобрений по площади*, различают два способа внесения удобрений:

- 1) сплошное (разбросное);
- 2) местное (локальное, рядковое, ленточно-локальное, очаговое, послонное).

Выбор способа внесения удобрений зависит от того, какую задачу ставим мы перед собой – повысить плодородие почвы или удобрить конкретную культуру данного года. Если мы хотим воздействовать на почву, изменить ее во всей массе как среду для питания культурных растений, то должны стремиться к тому, чтобы все частички удобрений были равномерно расположены в почве. Если же вносимое удобрение должно явиться непосредственным источником пищи для растений, то его необходимо распределить в почве таким образом, чтобы оно было легко доступно активной части корневой системы и в то же время предохранялось от соприкосновения с поверхностью почвенных частиц, так как это может привести к понижению доступности их растению.

При сплошном внесении соответствующая доза удобрения разбрасывается равномерно по всей площади, а затем бороной, культиватором, плугом заделывается в почву и перемешивается с ней. Такой способ расположения удобрений является правильным при применении органических удобрений и при внесении извести, когда вопрос стоит не только о непосредственном питании растений, но и об

улучшении физико-химических и биологических свойств почв как культурной среды для роста и развития растений. Разбросным способом вносятся также слаборастворимые формы удобрений – фосфоритная мука, преципитат, фосфатшлак. Внесение минеральных удобрений осуществляется с использованием рассеивателей центробежного типа: РУ-1600, РУ-7000 А, МТТ-4У; AMAZONE: ZA-M серии 2AM или ZC-B7001; BOGBALLE: M1 или DZ; BREDAL: К-45 или К-105, СУ-90. При заделке удобрений под вспашку основное их количество размещается на глубине 9–20 см, в результате чего оно малодоступно растениям в начале вегетации (рис. 1).

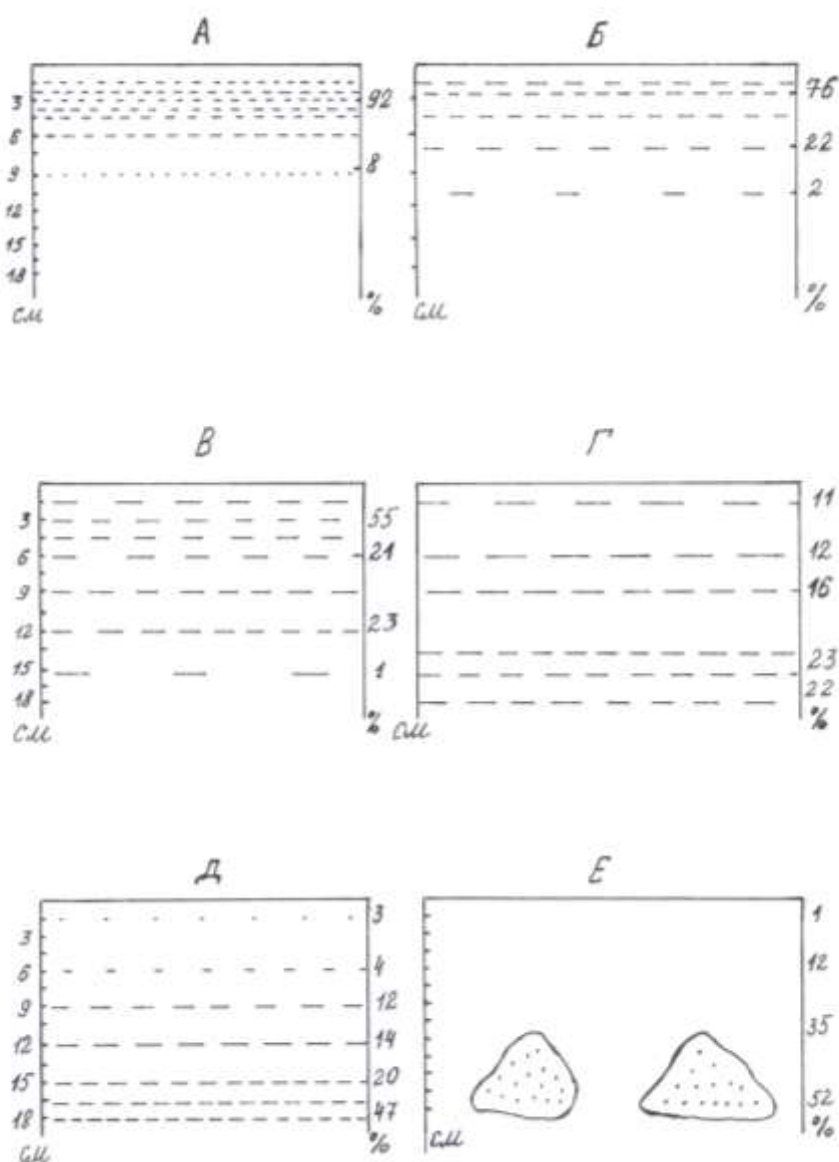


Рисунок 1 – Размещение основного удобрения при разных способах его заделки: А – легкой бороной; Б – тяжелой бороной; В – культиватором; Г – плугом; Д – плугом с предплужником; Е – культиватором-растениепитателем

При заделке культиваторами и дисковыми боронами 50–90 % удобрений находится в поверхностном 3-сантиметровом слое почвы, который быстро пересыхает, и питательные вещества удобрений плохо используются растением.

Преимущества разбросного внесения удобрений – высокая производительность. Однако недостатков больше. Прежде всего – неравномерность распределения по площади, при которой:

- ❖ наблюдается растянутость прохождения фаз развития растений;

- ❖ биологическая и хозяйственная зрелость растений наступает не одновременно, сопровождается потерями урожая. Неоднородность по размеру и массе продукции усложняет ее переработку, снижается качество конечной продукции;

- ❖ отмечается полосная засоренность и полегание хлебов;

- ❖ основная часть удобрений находится в слое 0–4 см, который часто пересыхает, а при заделке под вспашку удобрения смешиваются с большим объемом почвы, что способствует переходу их в труднодоступное состояние;

- ❖ при неглубокой заделке происходит выдувание, смыв талыми водами или атмосферными осадками частиц удобрений, что приводит к загрязнению открытых водоемов, грунтовых вод.

Под локальным внесением удобрений имеется в виду размещение их небольшой дозы (10–15 кг д.в./га) в непосредственной близости от семян, клубней или сплошными лентами под рядами растений (или сбоку), или гнездами под каждым растением – рядковое внесение (рис. 2).

Тем самым семена от удобрений отделяются прослойкой почвы. Такой способ внесения удобен тем, что молодые проростки растений, весьма чувствительные к повышенной концентрации солей в почвенном растворе, защищены прослойкой почвы, которая предохраняет их от непосредственного соприкосновения с образовавшейся повышенной концентрацией.

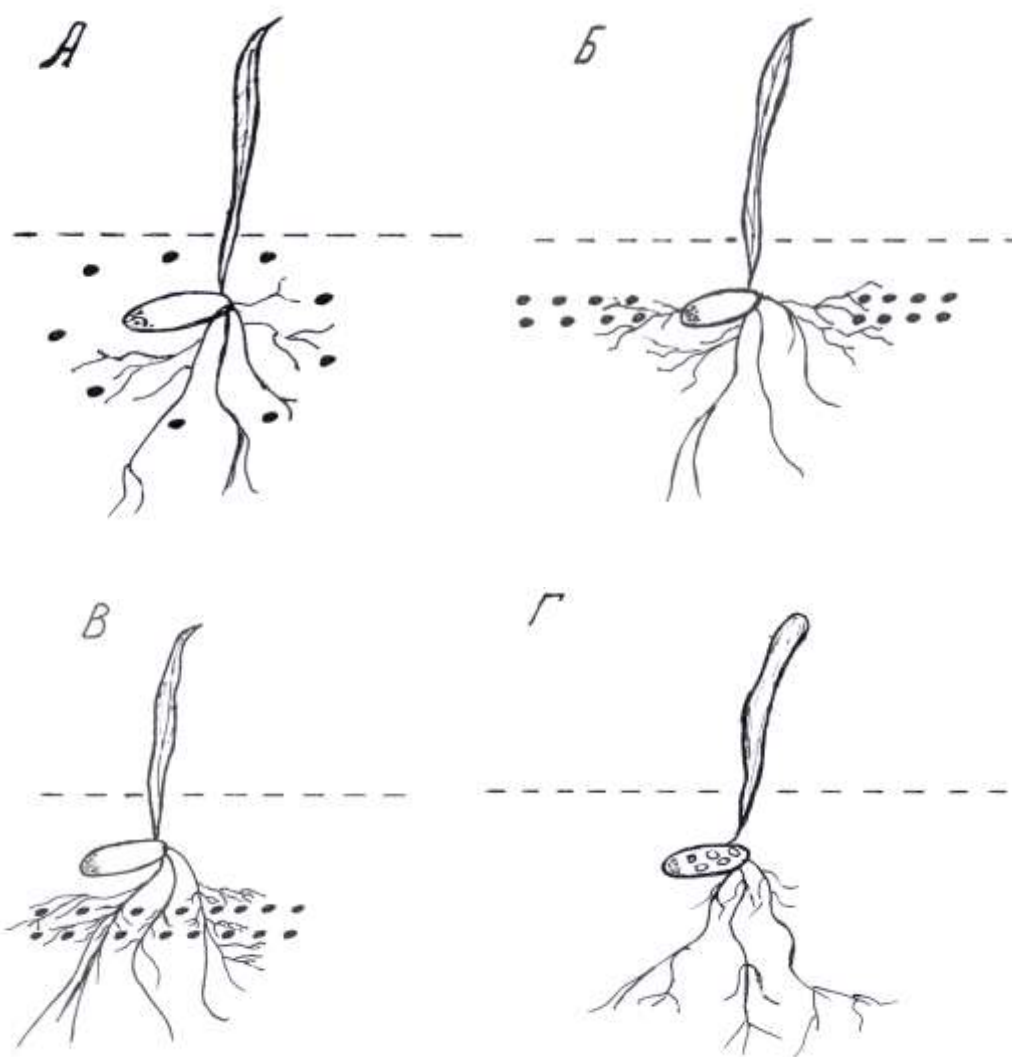


Рисунок 2 – Способы рядкового внесения удобрений:

А – удобрения контактируют с семенами; Б – удобрения изолированы от семян; В – размещение удобрений на 2–4 см ниже семени и сбоку от него; Г – инкрустация семян микроэлементами

Припосевное ленточное удобрение позволяет размещать ленты удобрений на оптимальных и строго выдержанных расстояниях от рядков семян, снижает неравномерность их распределения. Ленты удобрений располагают ниже и сбоку от рядков семян.

Удобрения с семенами не контактируют, они разделены прослойкой почвы. Глубину внесения припосевного ленточного удобрения устанавливают с учетом почвенно-климатических условий. В зоне достаточного увлажнения на суглинистых почвах ленты удобрений располагают на глубине около 3 см ниже уровня размещения семян, на песчаных и супесчаных почвах подтайги и в лесостепи удобрения вносят на 3–5 см, а в засушливой степной зоне на 5–7 см глубже семян. Смещение ленты удобрения в сторону от рядка семян

должно составлять 2–4 см, при узкорядном посеве зерновых (с междурядьями 6–8 см) ленты удобрений размещают посередине междурядья.

При внесении удобрения под пропашные культуры ленты должны смещаться в сторону от рядка на 2–10 см, глубина посева их на 2–7 см ниже семян. При больших дозах удобрения его размещают в две ленты, по обе стороны от рядка семян.

Локализация удобрений ускоряет появление вторичных корней у зерновых культур. Корни, находящиеся в зоне концентрации элементов питания, обеспечивают интенсивное поглощение фосфора (до 80 % от общего количества) и быстрый его метаболизм. Другие корни, не подвергаясь воздействию высоких осмотических сил, в основном поглощают влагу, обеспечивая растениям засухоустойчивость. Происходит специализация отдельных зон корневой системы, и она имеет особое значение для скороспелых сортов. Потребление влаги при локализации удобрений снижается на 10–15 %, эффективность удобрений меньше зависит от погодных условий, а это особенно важно в земледельческих зонах, где в период всходы → кущение наблюдается засушливость. Удобрения, внесенные близко к корням молодого растения, позволяют последнему быстро пойти в рост. Это важно для того, чтобы посевы достигли такой фазы роста, когда им менее угрожают вредители или болезни, когда они более успешно могут соревноваться с сорняками.

Преимущество местного внесения по сравнению со сплошным состоит в том, что:

- ❖ снижается связывание подвижного фосфора почвой в результате сокращения поверхности соприкосновения гранул с почвой;
- ❖ располагаясь на определенном оптимальном расстоянии относительно корней, оно лучше используется ими и оказывается значительно эффективнее;
- ❖ локализация микроудобрения путем предпосевной обработки семян растворами борной кислоты, молибденовокислого аммония, медного купороса позволяет упростить, удешевить их применение.

Классификация приемов локального внесения удобрений

Известны разнообразные модификации локального внесения удобрений. Они различаются *назначением* вносимого удобрения (основное, стартовое и подкормка), *сроком его применения* (до посева,

одновременно с ним или после посева) и параметрами его размещения в почве, т.е. *формой и взаимным расположением очагов удобрений* (экраном – сплошным слоем, непрерывными или пунктирными лентами, разрозненными гнездами).

Локальное внесение основного удобрения обычно проводят до посева или одновременно с ним. Основное удобрение, вносимое одновременно с посевом зерновых культур, высевают в общий рядок с семенами или размещают в почве лентой сбоку и ниже рядка семян. Первый способ требует ограничения дозы удобрения, так как размещение большого количества растворимых солей в контакте с семенами может снизить их всхожесть, особенно при недостаточной влажности почвы. Второй способ более универсален и эффективнее первого, так как он исключает отрицательное действие высокой солевой концентрации на семена и проростки, обеспечивает благоприятные условия для роста корней в ленте удобрений.

Для внесения основного удобрения в общий рядок с семенами используют зернотуковые сеялки СЗ-3,6, СЗУ-3,6, СЗП-3,6. В настоящее время в сельском хозяйстве Красноярского края большое применение находят пневматические централизованные высевающие системы (ПЦВС), которые обеспечивают снижение металлоемкости и повышение производительности.

Универсальные посевные комплексы с одновременным внесением гранулированных удобрений: «AGRATOR DK», «AGRATOR-ANCER», Сеялка CaseIH (FlexiCoil) FlexHoeATX400 39FT (12 м) + Пневмобункер PrecisionAir 2230, «Кузбасс», «Kernel and Accord Insider-12-6000», широкозахватный посевной комплекс «Horsch», «Horsch Pronto 6 DC», «ТОМЬ-10», «JOHNDEERE-1830/1835».

При рядовом посеве семян с междурядьями 15 см доза калия в удобрении не должна превышать 30 кг, азота в аммонийной и нитратной форме – 25–30 кг, а в форме мочевины – 15–20 кг, фосфора – 40–60 кг на 1 га.

При узкорядном и перекрестном севе допускается увеличение указанных доз в 1,5–2 раза, если обеспечивается равномерное распределение удобрений между всеми рядками семян. Вместо тукосмесей целесообразно использовать гранулированные комплексные удобрения (нитрофос, нитрофоску, нитроаммофоску), которые более качественно высеваются туковыми аппаратами сеялки. Оптимальные условия для появления всходов, минерального питания и развития зерновых культур обеспечиваются размещением лент основного удобрения

на 2–4 см в сторону от рядка семян на глубину, устанавливаемую с учетом почвенно-климатических условий.

В отдельных случаях возможно проведение внесения удобрения сразу после посева или при появлении всходов, обозначении рядков растений. Наиболее эффективно припосевное внесение удобрений.

Припосевное ленточное внесение основного удобрения позволяет расположить все рядки семян на оптимальных расстояниях от лент удобрения и тем самым уменьшить неравномерность в минеральном питании и развитии отдельных растений.

Стартовое (рядковое) удобрение вносят в рядки семян или близко к ним одновременно с посевом, используя для внесения машины ППМ-Обь-43Т, СКП-2,1, Омичка, СЗС-2,1. Назначение стартового удобрения – усилить минеральное питание растений в период от прорастания семян до образования корневой системы, способной усваивать питательные вещества из почвы и основного удобрения.

Стартовое удобрение, соответственно его назначению, применяют небольшими дозами (до 20 кг N, P₂O₅, K₂O на 1 га) и размещают в почве в непосредственном контакте с семенами или на расстоянии не более 2–3 см от них. Используемые для этого удобрения должны быть хорошо растворимыми в воде и легкоусвояемыми для растений. Потребность молодых растений в фосфоре преобладает над потребностью в азоте. Поэтому в составе стартового удобрения решающее значение имеет фосфор.

Азот и калий включают в стартовое удобрение только в тех случаях, когда почвенные запасы этих элементов недостаточны, а основное удобрение не применялось или внесено разбросным способом с заделкой на большую глубину и позиционно недоступно слабо развитым корням молодых растений. Стартовое удобрение, содержащее азотные и калийные соли или повышенные дозы фосфатов, необходимо отделять от семян небольшой (2–3 см) почвенной прослойкой. Это обеспечивается комбинированными сошниками кукурузных, свекловичных сеялок.

Подкормку проводят в период вегетации растений. При этом удобрения вносят вразброс (поверхностная подкормка) или локально (прикорневая подкормка). Подкормка вегетирующих растений прикорневым способом широко применяется на всех пропашных и озимых зерновых культурах. Прикорневую подкормку озимых зерновых культур проводят весной после схода снежного покрова практически

по «спелой почве», т.е. спустя 5–10 дней после схода снега, без существенного повреждения посевов и поверхности почвы (рис. 3).

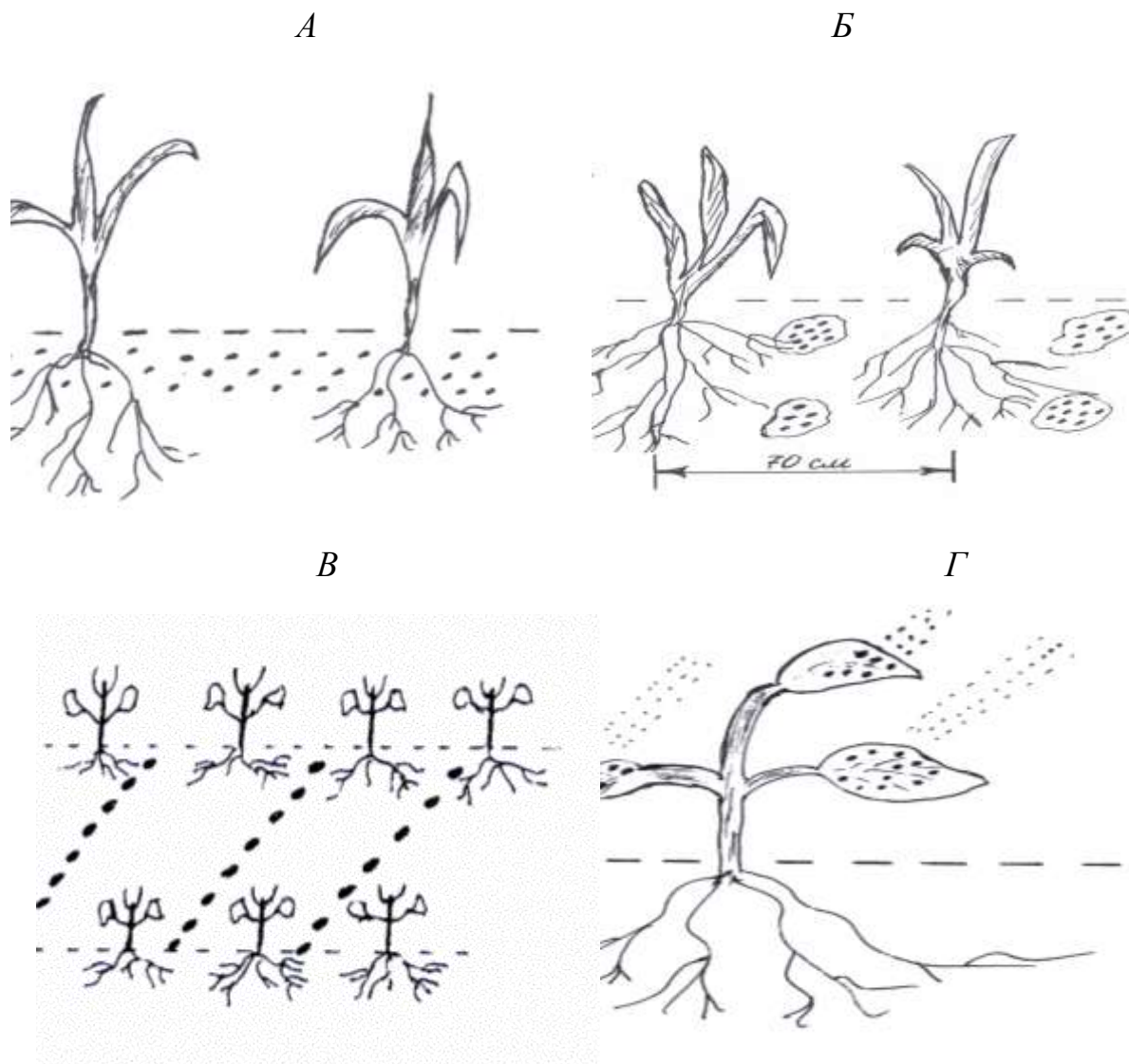


Рисунок 3 – Способы внесения подкормок:

А – рассев по поверхности; Б – локально, при междурядной обработке;
 В – прикорневым способом поперек рядков; Д – некорневые опрыскивания

Доза азота для такой подкормки – 30–40 кг д.в., лучшая форма удобрения – аммиачная селитра (нитратный азот быстро включается в процессы синтеза веществ, а аммонийный удерживается в составе почвенного поглощающего комплекса и используется некоторое время спустя). Прикорневая подкормка озимых культур может выполняться зернотуковыми сеялками всех марок, оснащенные дисковыми сошниками. Лучшую заделку удобрений обеспечивают однодисковые сошники сеялки СЗО-3,6. Это обосновывается тем, что удобре-

ния в таком случае попадают сразу же в зону расположения корневой системы, что исключает возможность газообразных потерь азота и снижает вероятность миграции азота по профилю почвы.

Экранным способом (сплошным слоем) вносят основное фосфорное удобрение под зерновые культуры при плоскорезной обработке почвы в засушливой степной зоне. При этом плоскорезную (безотвальную) обработку почвы следует производить одновременно с внесением удобрений на глубину 12–16 см.

Некорневая (листовая) подкормка макроудобрениями ранее была распространена на зерновых культурах для повышения качества белка, при концентрации удобрения в растворе не выше 10–15 % и норме расхода жидкости 200–300 л/га. В настоящее время этот вид подкормки входит в сельскохозяйственную практику в расширенном виде и используется не только как азотная подкормка, но и рассматривается как способ повышения урожайности. Важно помнить, что путем обработки листа раствором невозможно дать ту дозу элементов питания, которая необходима для построения определенного количества урожая. Самое подходящее для этого удобрение – мочевина. Учитывая, что, по сути, эта форма удобрения – органическое вещество, концентрацию раствора для обработки вегетирующих растений можно увеличить вдвое и довести до 20 %.

Наиболее распространенным способом внесения микроудобрений в настоящее время является именно внекорневая подкормка, что позволяет избежать нежелательных взаимодействий элементов с почвенным раствором и дает возможность быстрого реагирования в условиях недостатка и с экологической точки зрения является более благоприятным, чем внесение в почву. Однако эффект от листовой подкормки растений комплексными микроудобрениями будет определяться рядом условий, среди которых можно назвать состав удобрения, свойства смеси для проведения подкормки, биологическую характеристику культуры, технологию внесения листового удобрения и ряд хозяйственно-организационных факторов. Важнейшим условием является своевременность внесения. В производственной практике внесение микроэлементов чаще всего приурочивается к внесению средств защиты растений. Но эти сроки не всегда отвечают критическим фазам роста и развития растения, его реальным потребностям в элементах питания.

Содержание работы

1. Используя данные индивидуального задания, выданного ранее, в форме таблицы 12 проведите расчеты и распределение удобрений в севообороте. Порядок выполнения задания приводится ниже.

2. Пользуясь информацией таблиц П.13–П.16, выберите рекомендуемые дозы и поправочные коэффициенты для каждой сельскохозяйственной культуры севооборота в соответствии с обеспеченностью элементами питания.

3. Рассчитайте дозы минеральных удобрений под каждую культуру севооборота по формуле: $D = D_0 \times K$,

где D – доза минерального удобрения, кг д.в./га;

D_0 – рекомендуемая доза, кг д.в./га;

K – поправочный коэффициент в зависимости от обеспеченности почвы питательными веществами.

4. Исходя из рассчитанной потребности, распределите удобрения в севообороте между культурами, учитывая биологические особенности полевых культур

Таблица 12 – Распределение минеральных удобрений в севообороте

Сево- оборот	Азот				Фосфор				Калий		
	Дозы питательных веществ по способам внесения, кг д.в./га										
	Всего	Основное	Предпосевное	Подкормка	Всего	Основное	Предпосевное	Припосевное (в рядки)	Всего	Основное	Предпосевное
1											
2											
3											
n											

5. В таблице 13 необходимо оптимизировать дозы удобрений под культуры с учетом их биологических особенностей, выбрать вид удобрения, рассчитать дозы в физическом весе.

Таблица 13 – Распределение минеральных удобрений в севообороте с учетом биологических особенностей сельскохозяйственных культур роли предшественника

Севооборот	Азот				Фосфор				Калий			Виды удобрений, формула, % д. в-ва	Внесено в туках (Т), ц/га			
	кг д.в./га												Азотные	Фосфорные	Калийные	Комплексные
	Всего	Основное	Предпосевное	Подкормка	Всего	Основное	Предпосевное	Припосевное	Всего	Основное	Предпосевное					
1																
2																
3																
n																

6. Определите виды и формы удобрений с учетом их взаимодействия с почвой и установите приемы их внесения.

7. Сформулируйте агрохимическое обоснование принятой вами системы удобрения в севообороте. Объясните выбранный прием внесения удобрений под каждую из культур, укажите, какие сельскохозяйственные машины и орудия используются для внесения удобрений, приведите схему взаимодействия удобрений с почвенно-поглощающим комплексом почвы. Защитите работу у преподавателя.

Семинар 2. Правила рационального использования и охраны земель сельскохозяйственного назначения

Рациональное использование почвенного покрова, сохранение и восстановление его экологических и биосферных функций должны проводиться с учетом установленных закономерностей трансформации почв под воздействием антропогенных воздействий.

Г.В. Добровольским, Е.Д. Никитиным (2006) составлена система почвосохраниющих мероприятий (табл. 14).

Таблица 14 – Система почвосохраниющих мероприятий
[Добровольский, Никитин, 2006]

Уровни и виды охраны и восстановления почв				
Защита почв от прямого уничтожения	Защита освоенных почв от качественной деградации	Предотвращение негативных структурно-функциональных изменений освоенных почв	Восстановление деградированных освоенных почв	Сохранение и восстановление естественных почв
Ограничение отведения новых земель под строительство различных объектов	Защита почв от водной и ветровой эрозии	Оптимизация пищевого режима почв	Постановка точного диагноза патологии почв	Резервирование целинных почв с целью ограничения и исключения их из хозяйственного использования
Установление объективных цен на земли, отводимые под строения, водохранилища, свалки	Предотвращение деградации почв из-за нерационального проведения водных мелиораций	Оптимизация водного и теплового режима	Снятие дальнейшего действия факторов, вызвавших деградацию почв	Полное соблюдение требований охраны почв особо охраняемых территорий
Ограничение и запрещение открытых разработок полезных ископаемых	Предотвращение химического и радиоактивного загрязнения почв	Оптимизация газового режима почв	Временное исключение деградированных земель из активного хозяйственного использования	Исключение части освоенных редких и эталонных почв из хозяйственного использования и восстановления их естественного состояния
Максимальное использование для промышленных и других объектов, ранее выведенных из биосферы территорий и участков	Защита почв от биологического загрязнения	Поддержание биохимической активности и сохранение полноценной биоты почв	Биологизация почв и восстановление устойчивости их плодородия (внесение органических удобрений, травосеяние)	Соблюдение особого режима использования и охраны высокобонитетных и «опытных» почв
Своевременное проведение рекультиваций в полном объеме и правовая ответственность за их невыполнение		Оптимизация физического состояния почв и предотвращение их обезструктурирования и уплотнения		Организация новых комплексных и почвенных заказников, заповедников, памятников природы

Большая часть почвенного покрова планеты подвергается различным видам деградации. Для России проблема охраны почв особенно актуальна. Основной почвенный ресурс страны – чернозем

давно освоен и интенсивно используется в сельскохозяйственном производстве. Резкое снижение экологической культуры земледелия сопровождается засоренностью черноземов, нарушением севооборотов, почвоутомлением.

В связи с этим при определении путей охраны почв важно найти перспективные подходы к ее реализации.

Материалы и оборудование: конспекты лекций, научных публикаций.

Задание

1. Изучите утвержденные правила рационального использования земель сельскохозяйственного назначения, научные статьи, монографии.

2. Дайте ответы на вопросы.

Форма отчетности: ответы оцениваются баллами по пятизначной шкале.

Вопросы к семинару

1. Покажите две составляющие, содержащиеся в понятии «рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения».

2. Охарактеризуйте понятие «охрана земель».

3. Содержание проекта внутрихозяйственного землеустройства.

4. Понятие *паспорт поля*, его структура, как ведется паспортизация полей. Схема паспортизируемого участка.

5. Какие документы доказывают снижение плодородия почв землепользования?

6. Какие правовые документы являются для собственника земельных участков, землевладельцев, арендаторов и землепользователей основанием для содействия проведения агрохимического, фито-санитарного и экологического обследования земель сельскохозяйственного назначения.

7. Почему нельзя сжигать солому и пожнивные остатки?

8. Перечислите учреждения, занимающиеся разработкой проектов внутрихозяйственного землеустройства, проведением мелиорации, созданием полевых защитных лесных полос.

9. Обоснуйте использование в структуре посевных площадей многолетних трав, зернобобовых культур, занятых и сидеральных паров.

10. По какой причине не рекомендуется использовать зерновые культуры на одном поле более 3 лет?

11. Какой процент снижения урожайности, по сравнению со среднерайонной нормой, позволяет говорить о нерациональном использовании земель?

12. Дайте оценку явлениям зарастания и захламливания земель сельскохозяйственного назначения.

13. Какие действия осуществляются при проведении производственного контроля?

14. Какие мероприятия необходимо осуществлять для обеспечения сохранности защитных лесных насаждений и противоэрозионных сооружений?

15. Перечислите учреждения, обеспечивающие контроль за соблюдением правил рационального использования земель сельскохозяйственного назначения.

16. Какие документы подтверждают выполнение требований рационального использования земель сельскохозяйственного назначения?

17. Перечислите нормативные правовые акты, предусматривающие ответственность за нарушения правил рационального использования земель сельскохозяйственного назначения.

18. Какова ответственность за нарушения правил рационального использования земель сельскохозяйственного назначения?

Итоговые тестовые задания

1. В России насчитывается сельскохозяйственных угодий, млн га:
 - а) 280;
 - б) 222;
 - в) 180;
 - г) 122.
2. Недостаточностью тепловых ресурсов характеризуются пахотные угодья на площади, %:
 - а) примерно 50;
 - б) 27;
 - в) 75;
 - г) >75.
3. Сочетанием достаточной теплообеспеченности с удовлетворительным увлажнением характеризуются пахотные угодья на площади, %:
 - а) 25;
 - б) >25;
 - в) 10;
 - г) >10.
4. Рациональное использование земельных ресурсов предусматривает:
 - а) характеристику климата;
 - б) точный учет особенностей почвенного покрова;
 - в) особенности рельефа;
 - г) особенности возделываемых полевых культур.
5. Система мероприятий, направленных на защиту и поддержание устойчивости биосферы в целом, составляет:
 - а) охрану почв;
 - б) мониторинг почв;
 - в) диагностику почв;
 - г) биоремедиацию почв.
6. Мониторинг почв включает:
 - а) диагностику, тестирование, индикацию;
 - б) описание, контроль, охрану;
 - в) наблюдение, оценку, прогноз;
 - г) рекогносцировку, анализ, выводы.

7. Группа почв, нуждающихся в сходной химической мелиорации:

- а) чернозем выщелоченный, болотные, солонцы;
- б) солончаки, чернозем оподзоленный, каштановые;
- в) серая, чернозем южный, бурые;
- г) подзолистые, светло-серые, красноземы.

8. Почва с потребностью первоочередного внесения органических удобрений:

- а) аллювиальные;
- б) подзолистые;
- в) черноземы;
- г) каштановые.

9. Прием, устраняющий щелочную реакцию почвы:

- а) известкование;
- б) удобрение;
- в) гипсование;
- г) орошение.

10. Группа почв, нуждающихся в сходной «легкой» агротехнической мелиорации:

а) чернозем обыкновенный, темно-серая лесная, чернозем выщелоченный;

б) подзолистая, светло-серая лесная, дерново-подзолистая;

в) солонец, чернозем южный, чернозем обыкновенный;

г) болотная верховая торфяная.

11. Группа почв, нуждающаяся в улучшении «тяжелой» мелиорацией:

а) болотная низинная торфяная, влажно-луговая, луговая дерновая;

б) лугово-черноземная, лугово-каштановая, луговая дерновая;

в) чернозем оподзоленный, чернозем выщелоченный, серая лесная;

г) чернозем выщелоченный, темно-серая лесная, каштановая.

12. Группа почв, нуждающихся в специальной агротехнике под овощные культуры:

а) чернозем глинистый, серая лесная, лугово-черноземная;

б) лугово-черноземная легкосуглинистая, каштановая супесчаная;

в) чернозем среднесуглинистый, серая лесная, дерново-подзолистая;

г) серозем, солонец, солончак.

13. Группа разновидностей почв, практически не поддающихся мелиорации:

а) суглинок иловато-пылеватый, глина крупнопылевато-иловатая, глина песчано-иловатая;

б) песчаная гравелистая, суглинок легкий пылевато-песчаный среднекаменистый, песок рыхлый сильнокаменистый;

в) средний суглинок крупнопылевато-иловатый, глина крупнопылевато-иловатая, глина пылевато-иловатая;

г) тяжелосуглинистая крупнопылевато-иловатая, среднесуглинистая иловато-крупнопылеватая, легкоглинистая пылевато-иловатая.

14. Группа эрозионно опасных почв:

а) чернозем оподзоленный, чернозем выщелоченный, темно-серая лесная;

б) чернозем обыкновенный, чернозем южный, каштановая;

в) подзолистая, дерново-подзолистая, серая лесная;

г) краснозем, такыры, серозем.

15. Безотвальная обработка почвы рекомендуется для почв:

а) чернозем южный, каштановая, чернозем обыкновенный маломощный;

б) чернозем обыкновенный мощный, чернозем выщелоченный, темно-серая лесная;

в) чернозем выщелоченный, чернозем оподзоленный, темно-серая лесная;

г) пойменная, лугово-черноземная, лугово-каштановая.

16. Выпаханность почв проявляется:

а) в изменении плотности сложения;

б) разрушении зернисто-комковатой структуры;

в) самоулучшении;

г) изменении механических свойств.

17. Эффективное плодородие почв опирается на закон:

а) убывающего плодородия;

б) обеспеченности элементами питания;

в) равнозначности факторов жизни растений;

г) лимитирующих факторов жизни растений.

18. Полное или частичное восстановление почв (земель), нарушенных предшествующей хозяйственной деятельностью:

а) севооборот;

б) окультуривание;

в) мелиорация;

г) рекультивация.

19. Древнее звено гидрографической сети:

- а) промоины;
- б) балки;
- в) катена;
- г) стоки.

20. Современное звено гидрографической сети:

- а) овраги;
- б) лощины;
- в) ложбина;
- г) долины.

21. Склон принято считать эрозионно опасным при градусе:

- а) $> 10^\circ$;
- б) $> 5^\circ$;
- в) $> 2^\circ$;
- г) $> 1^\circ$.

22. Факторы, лимитирующие плодородие серых лесных почв Средней Сибири:

- а) эрозионные процессы;
- б) реакция среды;
- в) наличие кремнезема;
- г) содержание гумуса.

23. Агроэкологическая оценка почв складывается из учета:

- а) экологического стандарта;
- б) урожайности культур;
- в) эталона плодородия;
- г) фитосанитарного состояния.

24. Подразделение территории по комплексу параметров, характеризующих современное состояние агроэкосистем, называется:

- а) агропроизводственной группировкой;
- б) экологической типизацией;
- в) агроэкологическим районированием;
- г) классификацией земель.

25. Главная экологическая (глобальная) функция почвы:

- а) обеспечение существования жизни на Земле;
- б) всеобщее достояние человечества;
- в) непрерывность почвенного покрова;
- г) историзм почвообразования.

26. Экологические функции почвы определяют:

- а) плодородие и его устойчивость;
- б) функционирование экосистем;
- в) доступность питательных веществ;
- г) гетерогенность и поликомпонентность.

27. Группа почв, отводимая под пашню в первую очередь:

- а) каштановая, чернозем южный, чернозем карбонатный;
- б) чернозем выщелоченный, темно-серая лесная, чернозем оподзоленный;
- в) аллювиальная, лугово-каштановая, чернозем обыкновенный;
- г) дерново-подзолистая, светло-серая лесная, болотная.

28. Агротехнические приемы, снижающие проявление эрозионных процессов:

- а) лущение жнивья;
- б) отвальная вспашка;
- в) плоскорезная обработка;
- г) ранневесеннее боронование.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Знание и само по себе прекрасно, но может оказаться бесценным при умении пользоваться им во благо свое и общества. Рациональное использование – одна из таких наук, которая учит человека жить не только в гармонии с природой, но и с пользой для общества. Познакомившись с нею и овладев ее методами, можно скорректировать свое поведение в окружающем мире таким образом, чтобы не нарушать сложившейся в далекие времена гармонии человека с природой, одновременно с тем повышая благосостояние каждого конкретного человека за счет динамического уравнивания соотношения «производительные силы – производительные отношения» [Титова, 2002].

В современных условиях задачи повышения продуктивности и устойчивости земледелия следует решать комплексно в рамках современных адаптивно-ландшафтных систем земледелия, приспособленных к конкретным почвенно-климатическим, организационно-хозяйственным, социально-экономическим, экологическим и другим условиям. В этом взаимодействии проявляется тесная агроэкологическая связь современных агротехнологий с агроландшафтом, в рамках которой должны быть построены принципы рационального использования земель как основы их экологизации в условиях адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Поэтому основной задачей студентов магистратуры должно быть получение знаний, позволяющих удовлетворять потребности человека при условии сохранения природных богатств, окружающей среды и биосферы в целом для будущих поколений. Успешность рационализации природопользования будет напрямую связана с профессиональными познаниями «покорителей природы», дающими рекомендации по использованию природных богатств в хозяйственной деятельности человека.

Основные термины и понятия

Абиотические факторы среды – компоненты и явления неживой неорганической природы (космические, геофизические, климатические, пространственные, временные), прямо или косвенно воздействующие на организмы.

Агроландшафт – 1) антропогенный ландшафт, естественная растительность которого заменена агробиоценозами; 2) это природно-сельскохозяйственные геосистемы, сформировавшиеся и функционирующие в результате постоянного взаимодействия сельскохозяйственного производства и природной среды.

Агролесомелиорация – система лесохозяйственных мероприятий, направленная на улучшение почвенно-гидрологических и климатических условий местности, делающих ее более благоприятной для ведения сельского хозяйства.

Агрофитоценоз – растительное сообщество – фитоценоз, создаваемый и регулируемый человеком. От естественных фитоценозов отличается доминированием культурных растений, для которых человек создает благоприятные условия путем применения системы агротехнологических приемов возделывания растений.

Агроэкосистема (агробиогеоценоз) – вторичный измененный человеком биогеоценоз, основу которого составляет искусственно созданное, как правило, обедненное видами живых организмов биотическое сообщество. Агроэкосистемы формируются и регулируются людьми для получения сельскохозяйственной продукции. Антропогенная нагрузка – степень прямого и косвенного воздействия хозяйственной деятельности на природу в целом или на отдельные ее компоненты, ландшафты и т.д.

Адаптация (приспособление) – а) эволюционно возникшее приспособление организмов к условиям среды, выражающееся в изменении их внешних и внутренних особенностей; б) совокупность реакций живой системы, поддерживающих ее функциональную устойчивость при изменении условий среды, окружающих эту систему.

Антропогенная нагрузка – дополнительная нагрузка на природу или ее отдельные составляющие, вызванная деятельностью человека и ее последствиями.

Антропогенный ландшафт – природный ландшафт, свойства которого обусловлены человеческой деятельностью. По содержанию выделяется семь категорий антропогенных ландшафтов: сельскохо-

зайственные, промышленные, водные, лесные, селитебные, беллигеративные, дорожные. По способу возникновения различают следующие генетические группы комплексов: техногенные, пашенные, подсечные, пирогенные, пасквально-дигрессионные, рекреационно-дигрессионные, техногенные. По степени нарушенности ландшафтов и особенности хода процесса антропогенизации выделяются следующие типы антропогенных ландшафтов: а) измененные ландшафты (пасквально-дигрессионные); б) ренатуризованные ландшафты – приобретшие в процессе саморазвития черты исходных ландшафтов (некосимые залежи степных ландшафтов); в) трансформированные антропогенные ландшафты – отличаются качественно новым типом растительного покрова (полевые, пастбищные, лесные антропогенные ландшафты); г) естественно подобные (пойменные луга, саванны на месте лесов); д) антропогенные неоландшафты (карьерноотвальные, селитебные, курганные, водные).

Барьер экологический – полоса территории, которая, благодаря особенностям естественного или созданного ландшафта (санитарно-защитная зона), служит препятствием для распространения техногенных загрязнений.

Безопасность экологическая – а) состояние, при котором взаимодействие природного комплекса и человека определяется как устойчивое (гомеостатическое); б) степень защищенности территориального комплекса, человека от возможного экологического поражения, определяемого величиной экологического риска.

Биогенные элементы – химические элементы, постоянно входящие в состав организмов и имеющие определенное биологическое значение. Это кислород (70 % массы организмов), углерод (18 %), водород (10 %), кальций, азот, калий, сера, хлор, натрий, железо. Эти элементы входят в состав всех живых организмов, составляют их основу и играют большую роль в процессах жизнедеятельности.

Биогеохимический цикл (круговорот, с греч. – круг) – процессы обмена и трансформации химических элементов между компонентами биосферы (от неорганической формы через живое вещество вновь в неорганическую), носящие циклический характер. Совершается с использованием преимущественно солнечной энергии (фотосинтез) и частично энергии химических реакций (хемосинтез). Термин введен В.И. Вернадским.

Биологический круговорот веществ – единство двух процессов: аккумуляции элементов в живых организмах и минерализации в результате разложения мертвых организмов.

Биологическое разнообразие – вариабельность живых организмов из всех источников, включая среди прочего наземные, морские и иные водные экосистемы и экологические компоненты, частью которых они являются; это понятие включает разнообразие в рамках вида, между видами и разнообразие экосистем.

Биосфера – глобальная экосистема, особая активная оболочка Земли, состав, строение и энергетика которой определяются деятельностью живых организмов.

Биоцентризм (экоцентризм) – воззрение, согласно которому взаимодействие человеческого общества с живой природой должно быть подчинено экологическому императиву – требованию сохранения целостности саморегуляции биосферы.

Геоцентрическая система мира – существовавшее в древности представление, согласно которому Земля является неподвижным центром Вселенной, вокруг которого обращаются Солнце и все другие небесные светила; с развитием науки заменена гелиоцентрической системой мира Коперника.

Деградация почвы – постепенное ухудшение свойств почв, вызванное изменением условий почвообразования в результате естественных причин или хозяйственной деятельностью человека и сопровождающееся уменьшением содержания гумуса, разрушением почвенной структуры и снижением плодородия.

Земельно-ресурсный потенциал – одна из составляющих природно-ресурсного потенциала – способность земельных площадей давать определенную хозяйственную продукцию в конкретных социально-экономических и исторических рамках способов и форм использования земель или в теоретически определяемом предельном количестве.

Землеустройство – система мероприятий, направленных на регулирование земельных отношений, и организация использования земли как средства производства.

Земельные ресурсы – земли, которые используют или могут быть использованы в отраслях народного хозяйства.

Землепользование – отграниченный на местности земельный участок, предоставленный в установленном порядке предприятию, учреждению, организации, гражданину для определенных целей.

Землепользование всегда точно определено по площади и местоположению; порядок, условия и формы эксплуатации земель.

Земельные угодья – земли, систематически используемые или пригодные к использованию для конкретных хозяйственных целей и отличающиеся по природно-историческим признакам.

Ландшафт городской – тип антропогенного ландшафта с постройками, улицами и парками (синоним: ландшафт урбанистский).

Ландшафт нарушенный – тип антропогенного ландшафта, возникший в результате нерационального использования природных ресурсов.

Ландшафт природный – ландшафт, формирующийся или сформировавшийся под влиянием только природных факторов, не испытывавший влияния человеческой деятельности. Устойчивость его структуры определяется процессами самоорганизации ландшафта.

Ландшафт техногенный – разновидность антропогенного ландшафта, особенности формирования и структура которого обусловлены производственной деятельностью человека, связанной с использованием мощных технических средств. Воздействие может быть прямым (механическое нарушение земель, растительности, затопление и т.п.) и косвенным (загрязнение промышленными выбросами, подкисление осадков, фактор беспокойства и т.п.).

Ландшафт элементарный – термин предложен Б.Б. Полюновым (1915). Это участок, сложенный однородными породами, находящийся на одном элементе рельефа, в равных условиях залегания грунтовых вод, характеризующийся одинаковым характером растительных ассоциаций и одним типом почв. Термин используется в работах по геохимии ландшафтов. Выделяют три типа элементарных ландшафтов: элювиальные, супераквальные и субаквальные. Элювиальные формируются на возвышенных элементах рельефа, субаквальные – в отрицательных формах рельефа. Супераквальные занимают промежуточное положение. Ландшафт – 1) относительно однородная по своему генезу территория, на которой наблюдается закономерное повторение участков, тождественных по геологическому строению, форме рельефа, гидрологии, микроклимату, биоценозам, почвам; 2) обобщенное понятие физико-географических комплексов; 3) ландшафт – общее понятие, синоним региональных и типологических комплексов любого таксономического ранга; 4) по ГОСТу СССР – «территориальная система, состоящая из взаимодействующих природных и антропогенных комплексов более низкого типологического

ранга». Ландшафтная зона – часть земной поверхности, вытянутая в виде широкой полосы по одному или нескольким материкам, характеризующаяся определенным соотношением тепла и влаги, определенной интенсивностью экзогенных процессов, преобладанием определенных типов почв и растительности, господством зонального типа ландшафта.

Ландшафтная сфера – это зона прямого соприкосновения и взаимодействия лито-, атмо-, гидро- и биосферы (т.е. биологический фокус, тонкая, поверхностная пленка, наиболее активная часть географической оболочки). По В.И. Вернадскому – это сфера сгущения жизни, развития и существования цивилизации. Мощность географической оболочки примерно 35 км. Ландшафтная сфера имеет мощность от 50–70 до 100–150 м вверх (в атмосфере), до 7–10 м и глубже (в литосфере – до горизонта выветривания или зона гипергенеза). Верхняя граница менее определена, так как вверх заносятся семена растений, твердое вещество.

Ландшафтная съемка – изучение ландшафтов, основным результатом которого является ландшафтная карта. Маршрутные исследования сочетаются с изучением ключевых участков; используются топографические карты, аэрофотоснимки, космические снимки. Ландшафтно-геохимические процессы – совокупность взаимосвязанных биохимических, физико-химических, физических явлений, в результате совместного действия которых в ландшафтной сфере, как целостной геохимической системе, и ее подсистемах идут при воздействии солнечной энергии и внутренней энергии Земли постоянное возобновление живого вещества, трансформация органических, органоминеральных и минеральных соединений, сопровождающихся дифференциацией химических элементов.

Ландшафтное планирование – разработка проекта использования ландшафтов или проекта изменения целей и методов использования ландшафтов для удовлетворения потребностей общества при условии сохранения или улучшения средовоспроизводящих и ресурсовоспроизводящих способностей ландшафта. В ряде стран (Германия) стало составной частью системы территориального, регионального и отраслевого планирования.

Ландшафтные исследования – совокупность исследовательских операций, опирающихся на различные подходы (географический, исторический, системный и др.), и методов, цель которых – изучение распространения, структуры, функционирования, динамики,

генезиса и тенденций развития ландшафтов. Ландшафтные исследования включают полевые и дистанционные исследования, а также моделирование. Ландшафтные карты – отображают размещение природно-территориальных комплексов (от фаций и урочищ до ландшафтных районов) и их пространственное соотношение.

Ландшафтный анализ – комплекс методов для изучения свойств и признаков ландшафта, его морфологической структуры и пространственной дифференциации процессов, происходящих в ландшафте, современной динамики и истории развития. Ландшафтный план – результат анализа ландшафтной карты и всех предложений по использованию и охране природных ресурсов. Он включает зонирование территории, отражающее природно-ландшафтную дифференциацию и экологически значимые свойства (факторы) ландшафта, как ценные, так и опасные для человека и его деятельности. Завершается анализ схемой рекомендуемой и экологически допустимой хозяйственной нагрузки, приведенной к установленным ландшафтными выделам. Ландшафтный прогноз – предсказание и оценка возможных изменений в ландшафте, разработка рекомендаций для более точного выполнения ландшафтом заданных ему функций, предложений по оптимальному устройству ландшафта.

Ландшафтообразующие факторы – диалектически взаимосвязанные внутренние и внешние по отношению к ландшафтам процессы, формирующие важнейшие их свойства. К внешним ландшафтообразующим факторам относятся космические, геодинамические и биологические процессы. Внутренние факторы проявляются во взаимодействии между компонентами ландшафта и системами низшего ранга, входящими в изучаемый ландшафт. Все ландшафтообразующие факторы подразделяются на зональные (климат, почвы, растительность, животный мир) и азональные (рельеф, геологическое строение). Ландшафты беллигеративные – особая группа техногенных ландшафтов, связанных с районами военных действий. Их объединяет с техногенными комплексами пространственное размещение независимо от природных условий. Самые древние беллигеративные ландшафтные комплексы – урочища оборонительных валов и городищ, курганные урочища и др. Ландшафты водные антропогенные – это водохранилища, пруды, каналы. Назначение и хозяйственное использование водохозяйственных комплексов разнообразно. Развитие этих комплексов во многом идентично их природным аналогам. Ландшафты горнопромышленные – один из типов техногенных

ландшафтов. По глубине перестройки естественных комплексов делятся на две группы: карьерноотвальные и терриконопсевдокарстовые ландшафты (по Ф.Н. Милькову и В.И. Федотову). Основными структурными частями карьерно-отвальных ландшафтов являются карьеры-отвалы. По соотношению этих частей могут быть сопряженные, дискретные, редуцированные, наложенные. Формируются в районах открытой разработки полезных ископаемых. Территориально-псевдокарстовые ландшафты характерны для районов подземной добычи полезных ископаемых. Ландшафты лесохозяйственные – подразделяются на лесные первично-производные натурализованные (вторичные или производные леса, возникающие на месте вырубок или гарей антропогенного происхождения) и лесокультурные (массивные и ленточные). Ландшафты линейно-транспортные – их формирование связано с функционированием линейно-транспортных геотехнических систем, основным элементом которых выступает пассивный техногенный покров в виде асфальтового покрытия автомобильной дороги, железобетонных или металлических опор электролиний, насыпи железнодорожного полотна, заглубленных труб нефте- и газопроводов. Кроме того, в состав системы входят обслуживающий блок и полоса отчуждения автомобильной и железной дороги и лесные полосы. Ландшафты природно-антропогенные – современные ландшафты суши. По глубине хозяйственной трансформации их природной основы в этой группе выделяется три категории современных ландшафтов: а) вторично производные (возникают на месте коренных – антропогенные саванны, редколесья и кустарники, вторичные леса); б) антропогенно-модифицированные (сельскохозяйственные, лесохозяйственные модификации); в) техногенные (города, водохозяйственные и горно-хозяйственные комплексы и др.). Ландшафты рекреационные – природные ландшафты, преобразованные в процессе массового отдыха и туризма. В некоторых странах рекреационные ландшафты по площади занимают 3-е место после сельскохозяйственных и лесных. К рекреационным комплексам относятся природно-хозяйственные (зеленые зоны, районы массового отдыха, туризма), заповедники, природные резерваты, где туризм запрещен, и национальные парки. В.С. Преображенский выделяет четыре функциональных типа рекреационных ландшафтов: 1) рекреационно-лечебный; 2) рекреационно-оздоровительный; 3) рекреационно-спортивный; 4) рекреационно-познавательный. По доступности, времени пользования и срокам пребывания выделяются следующие

группы рекреационных территорий: 1) расположенные на пороге города и используемые для кратковременного отдыха; 2) расположенные в границах пригородной зоны (около 30–50 км), используемые для загородного отдыха в конце недели; 3) отдаленные от городов и используемые во время отпуска или каникул.

Охрана почв – комплекс мероприятий по сохранению целостности почвенного покрова и плодородия почв.

Природно-ресурсный потенциал – способность природных систем без ущерба для себя отдавать необходимую человечеству продукцию или производить полезную для него работу в рамках хозяйства данного исторического типа. Иными словами – это та часть природных ресурсов Земли и ближайшего космоса, которая может быть реально вовлечена в хозяйственную деятельность при данных технических и социально-экономических возможностях общества с условием сохранения среды жизни человечества

Природопользование – совокупность всех форм эксплуатации природно-ресурсного потенциала и мер по его сохранению. Природопользование включает извлечение и переработку природных ресурсов, их возобновление и воспроизводство; использование и охрану природных условий среды жизни и сохранение, воспроизводство и рациональное изменение экологического баланса природных систем, что служит основой сохранения природно-ресурсного потенциала развития общества.

Природопользование рациональное – система деятельности, призванная обеспечить экономную эксплуатацию природных ресурсов и условий и наиболее эффективный режим их воспроизводства с учетом перспективных интересов развивающегося хозяйства и сохранения здоровья людей.

Сукцессия – последовательная смена биогеоценозов, преемственно возникающая на одной и той же территории (биотопе) под влиянием природных и антропогенных факторов.

Экологические критерии – мера антропогенного воздействия на биогеоценозы, при котором их функционально-структурные характеристики (продуктивность, интенсивность биологического круговорота, видовое разнообразие, устойчивость) не выходят за рамки естественных изменений.

Экологический контроль – наблюдение за состоянием окружающей природной среды и ее изменением под влиянием хозяйственной и иной деятельности, проверка выполнения планов и меро-

приятий по охране природы, рациональному использованию природных ресурсов, оздоровлению окружающей природной среды, соблюдению требований природоохранного законодательства и нормативов качества окружающей природной среды (Закон «Об охране окружающей природной среды»).

Экологическая надежность (экосистемы) – способность экосистемы относительно полно самовосстанавливаться и саморегулироваться в течение сукцессионного или эволюционного периода ее существования.

Эмергентность (с англ. emergence – возникновение, появление нового) – возникновение качественно новых свойств при взаимодействии двух или нескольких объектов или явлений, свойств, не являющихся простой суммой исходных.

Литература

1. Адаптация севооборотов к погодным условиям и уровням интенсификации земледелия в лесостепи Западной Сибири: методические рекомендации / РАСХН. Сиб. отд.-ние. ГНУ СибНИИЗХим. – Новосибирск, 2006. – 28 с.
2. Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 140 с.
3. Байдина Л. М. К использованию цеолитов в качестве поглочителей тяжелых металлов в техногенно загрязненной почве // Сибирский биологический журнал. – 1991. – № 6.
4. Борисов Б. А. Легкоразлагаемое органическое вещество целинных и пахотных почв зонального ряда европейской части России: автореф. дис.... д-ра биол. наук. – М., 2008. – 43 с.
5. Булгаков Д. С. Агроэкологическая оценка пахотных почв: монография. – М.: Изд-во Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, 2002. – 250 с.
6. Власенко А. Н., Филимонов Ю. П., Каличкин В. К. Адаптация севооборотов к погодным условиям и уровням интенсификации земледелия в лесостепи Западной Сибири: метод. рекомендации / РАСХН. Сиб. отд.-ние ГНУ СибНИИЗХим. – Новосибирск, 2006. – 28 с.
7. Волков С. Н. Землеустройство. Землеустроительное проектирование. Внутрихозяйственное землеустройство. – М.: Колос, 2001. – Т. 2. – 648 с.
8. Волковинцер В. И., Гаджиев И. М., Ковалев Р. В. Почвенный покров Сибири: особенности формирования, хозяйственные и экологические аспекты использования // Проблемы почвоведения в Сибири. – Новосибирск: Наука, 1990. – С. 143–152.
9. Галиулин Р. В., Галиулина Р. А. Фитоэкстракция тяжелых металлов из загрязненных почв // Агрехимия. – 2003. – № 3. – С. 77–85.
10. Ганжара Н. Ф., Борисов Б. А. Гумусообразование и агрономическая оценка органического вещества почв. – М.: Агроконсалт, 1997. – 82 с.
11. Григора Т. И. Действие и последствие цеолитаклиноптиллолита на плодородие дерново-подзолистой почвы // Земледелие. – Киев, 1985. – № 60. – С. 31–35.
12. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Экология почв. – М.: Изд-во МГУ, 2006. – С. 368
13. Едимейчев Ю. Ф., Шпагин А. И. Современные проблемы ресурсосберегающих технологий в земледелии Красноярского края: учебное пособие. – Красноярск, 2014. – 204 с.

14. Заславский М. Н. Эрозиоведение. Основы противозерозионного земледелия. – М.: Высш. шк., 1987. – 376 с.
15. Землеустроительное проектирование: методические указания / под ред. К. М. Кирюхиной. – М., 2003. – 93 с.
16. Иванов А. Л. Состояние, рациональное использование и охрана земельных (почвенных) ресурсов Российской Федерации / Почвенные и земельные ресурсы: состояние, оценка, использование. – М.: Изд-во Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, 2014. – С. 13–50.
17. Каличкин В. К., Филимонов Ю. П., Иодко Л. Н. Выбор приема основной (зяблевой) обработки почвы по агроэкологическим факторам: практическое пособие. – Новосибирск, 2005. – 20 с.
18. Кирюшин В. И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
19. Кудеяров В. И. Почвенно-биогеохимические аспекты состояния земледелия в Российской Федерации // Почвоведение. – 2019. – № 1. – С. 109–121.
20. Лопырев М. И., Макаренко С. А. Агроландшафты и земледелие. – Воронеж: Изд-во ВГАУ, 2001. – 168 с.
21. Лютых Ю. А. Совершенствование организации работ по рациональному использованию земель // Роль науки в развитии сельского хозяйства Приенисейской Сибири. – Красноярск: Гротеск, 2008. – С. 19–20.
22. Никитин Е. Д. О развитии учения об экологических функциях почвенного покрова и других геосфер // Почвоведение. – 2010. – № 7. – С. 771–778.
23. Овчаренко М. М., Величко В. А., Лебедев С. Н. Влияние извести и цеолитов на поступление Zn, Cd, Pb в корнеплоды моркови // Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах. – М.: МГУ, 1994. – С. 194.
24. Реймерс Н. Ф. Природопользование: словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
25. Сизов А. П., Хомяков Д. М., Хомяков П. М. Проблемы борьбы с загрязнением почв и продукции растениеводства. – М.: МГУ, 1990. – 19 с.
26. Система земледелия Красноярского края на ландшафтной основе: научно-практические рекомендации / под общ. ред. С. В. Брылева. – Красноярск, 2015. – 224 с.
27. Сорокина О. А., Шпедт А. А. Система применения удобрений: лекция. – Красноярск, 2005. – 20 с.

28. Стратегия использования осадков сточных вод и компостов на их основе в агрикультуре / под ред. Н. З. Милащенко. – М.: Агроконсалт, 2002. – 140 с.
29. Суховеркова В. Е. Особенности определения соотношения угодий // Аграрная наука – сельскому хозяйству. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2011. – Кн. 2. – С. 251–253.
30. Титова В. И. Особенности системы применения удобрений в современных условиях // Агрохимический вестник. – 2016. – № 1. – С. 2–7.
31. Титова В. И. Экономика природопользования: курс лекций. – 2-е изд. / Нижегородская гос. с.-х. академия. – Н. Новгород, 2002. – 79 с.
32. Титова В. И., Дабахов М. В., Дабахова Е. В. Агроэкосистемы: проблемы функционирования и сохранения устойчивости (теория и практика агронома-эколога): учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Н. Новгород: НГСХА, 2002. – 205 с.
33. Титова В. И., Дабахов М. В., Дабахова Е. В. Рекомендации по экологической оценке и мерам снижения загрязнений почв и прилегающих к сельскохозяйственным угодьям компонентов окружающей среды / Нижегородская гос. с.-х. академия. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005. – 60 с.
34. Топтыгин В. В. Организация территории пашни в условиях водной эрозии почв: методические указания / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2018. – 94 с.
35. Топтыгин В. В. Организация территории пашни в условиях водной эрозии почв: метод. указания / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2018. – 94 с.
36. Хмелев В. А., Танасиенко А. А. Земельные ресурсы Новосибирской области и пути их рационального использования. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 349 с.
37. Цилу Б. К. Эффективность использования природных цеолитов при возделывании земляники с целью повышения ее продуктивности и снижения уровня загрязнения тяжелыми металлами: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М.: РАСХН, 1992. – 24 с.
38. Чупрова В. В. Земельные ресурсы и эколого-географические условия почвообразования в Средней Сибири (Красноярский край): проблемная лекция / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2014. – 32 с.
39. Шугалей Л. С. Антропогенез лесных почв юга Средней Сибири. – Новосибирск: Наука, 1991. – 184 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П.1 – Компонентный состав почвенного покрова административных районов Красноярского края и рекомендации по его использованию [Шугалей, 1991]

Административный район	СПП	Основные почвы	Процент от ПП	Антропогенная устойчивость	Рекомендации по использованию ПП
1	2	3	4	5	6
Козульский 15 (80/70) *	I	Дерново-подзолистые	37	Низкая	Лесовозобновление коренными хвойными породами: ель, кедр, сосна
		Серые лесные	12	Средняя	Сельскохозяйственное освоение до 10–20 %
		Лугово-черноземные и луговато-черноземные	10	Высокая	Лесовозобновление коренными хвойными породами: ель, кедр, сосна
		Комплексы дерново-подзолистых и серых лесных почв с перегнойно-болотно-глеевыми	41	Средняя	Лесовозобновление коренными хвойными породами: ель, кедр, сосна
	I	Дерново-подзолистые	31	Низкая	Лесовозобновление коренными хвойными породами: ель, кедр, сосна
		Серые лесные	7	Средняя	Сельскохозяйственное: зерновые севообороты
		Черноземы оподзоленные	2	Высокая	Сельскохозяйственное: зерновые севообороты
		Лугово-черноземные и болотные	21	Высокая	Лесовозобновление коренными хвойными породами: ель, кедр, сосна
		Комплексы дерново-подзолистых почв с перегнойно-дерново-глеевыми и перегнойно-торфянисто-болотными	39	Средняя	Лесовозобновление коренными хвойными породами: ель, кедр, сосна

Продолжение табл. П.1

1	2	3	4	5	6
Большеулуйский 40 (54/50) *	II	Дерново- подзолистые	11	Низкая	Лесовозобновление коренными хвойными породами: ель, кедр
		Серые и темно- серые лесные	57	Низкая	Лесовозобновление коренными хвойными породами: ель, кедр
		Черноземы оподзоленные:	9	Высокая	Сельскохозяйствен- ное: зерновые севообороты
		выщелоченные	10	Высокая	Сельскохозяйствен- ное: зерновые севообороты
		обыкновенные	6	Высокая	Сельскохозяйствен- ное: зерновые севообороты
		Лугово- черноземные и болотные	7	Высокая	Сенокосы и пастби- ща, кормовые севообороты
Сухобузимский 50 (40/50-60) *	III	Серые лесные	22	Средняя	Сельскохозяйствен- ное: зерновые севообороты
		Темно-серые лесные	33	Средняя	Сельскохозяйствен- ное: зерновые севообороты
		Черноземы: оподзоленные	4	Высокая	Сельскохозяйствен- ное: зерновые севообороты
		выщелоченные	18	Высокая	Сельскохозяйствен- ное: зерновые севообороты
		обыкновенные	9	Средняя	Сельскохозяйствен- ное: зерновые севообороты
		Лугово- черноземные и болотные	20	Средняя	Сенокосы и пастбища
Назаровский 68 (16/25-35) *	IV	Серые и темно- серые лесные	19	Средняя	Лесопосадки до 10 % площади
		Черноземы: оподзоленные	21	Высокая	Сельскохозяйствен- ное: зерновые севообороты
		выщелоченные	43	Высокая	Сельскохозяйствен- ное: зерновые севообороты
		обыкновенные	4	Высокая	Сельскохозяйствен- ное: зерновые севообороты

Продолжение табл. П.1

1	2	3	4	5	6
		Лугово- и луговато-черноземные, аллювиальные луговые	13	Средняя	Лесопосадки: сосна, береза
Ужурский 66 (21/25-35) *	V	Серые и темно-серые лесные	14	Средняя	Сельскохозяйственное: зерновые севообороты
		Черноземы: оподзоленные	8	Высокая	Сельскохозяйственное: зерновые севообороты
		выщелоченные	31	Высокая	Сельскохозяйственное: зерновые севообороты
		обыкновенные	14	Высокая	Сельскохозяйственное: зерновые севообороты
		Лугово-черноземные	5	Средняя	Лесопосадки: сосна, лиственница
		Комплексы черноземов выщелоченных, луговато- и лугово-черноземных почв	14	Высокая	Сельскохозяйственное: зерновые севообороты; в западинах лесопосадки
		Лугово-черноземные и болотные	14	Средняя	Лесопосадки: сосна, береза
Балахтинский 50 (40) *	VI	Дерново-подзолистые	5	Низкая	Лесовозобновление коренными хвойными породами: сосна, лиственница
		Серые и темно-серые лесные	22	Средняя	Лесопосадки до 10 %
		Черноземы: оподзоленные	17	Высокая	Сельскохозяйственное: зерновые севообороты
		выщелоченные	48	Высокая	Сельскохозяйственное: зерновые севообороты
		Аллювиальные луговые	8	Высокая	Сенокосы и пастбища
Шарыповский 52 (36/50-60) *	VII	Дерново-карбонатные	10	Средняя	Лесовозобновление коренными хвойными породами: сосна, лиственница

Окончание табл. П.1

1	2	3	4	5	6
		Серые и темно-серые лесные	30	Средняя	Лесовозобновление коренными хвойными породами: сосна, лиственница
		Черноземы: обыкновенные	32	Средняя	Сельскохозяйственное: зерновые севообороты
		выщелоченные	18	Высокая	Сельскохозяйственное: зерновые севообороты
		Лугово- и луговато-черноземные, аллювиальные луговые	10	Высокая	Лесопосадки: сосна, береза

* сельскохозяйственные угодья (%) и лесистость: современная / оптимальная (%).

Таблица П.2 – Категории почв по устойчивости к загрязнению

Почва	Категория
Подзолистые песчаные и супесчаные Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные Светло-серые лесные песчаные и супесчаные Серые лесные песчаные и супесчаные Темно-серые лесные песчаные и супесчаные Бурые лесные песчаные и супесчаные	I
Дерново-подзолистые суглинистые и глинистые Светло-серые лесные суглинистые и глинистые Серые лесные суглинистые и глинистые Бурые лесные суглинистые и глинистые	II
Темно-серые лесные суглинистые и глинистые Черноземы оподзоленные Черноземы выщелоченные Черноземы типичные Черноземы южные Светло-каштановые Каштановые Темно-каштановые	III

Таблица П.3 – Группировка почв I категории устойчивости для экологической оценки по валовому содержанию тяжелых металлов и мышьяка, мг/кг

Элемент	Класс опасности	Группа				
		1	2	3	4	5
Ртуть	1	< 1,0	1,0–2,1	2,2–4,2	4,3–6,2	> 6,2
Свинец	1	< 16,0	16,0–32,0	32,1–65,0	66,1–130	> 130
Кадмий	1	< 0,25	0,25–0,50	0,51–1,00	1,1–1,5	> 1,5
Мышьяк	1	< 1,0	1,0–2,0	2,1–4,0	4,1–6,0	> 6,0
Цинк	1	< 27,0	27,0–55,0	55,1–110	111–220	> 220
Медь	2	< 16,0	16,0–33	33,1–165	166–330	> 330
Никель	2	< 10,0	10,0–20,0	20,1–100	101–200	> 200
Хром	2	< 50,0	50,0–100	101–500	501–1000	> 1000

Таблица П.4 – Группировка почв II категории устойчивости для экологической оценки по валовому содержанию тяжелых металлов и мышьяка, мг/кг

Элемент	Класс опасности	Группа				
		1	2	3	4	5
Ртуть	1	< 1,0	1,0–2,1	2,2–4,2	4,3–8,4	> 8,4
Свинец	1	< 32,0	32,0–65,0	65,1–130	131–260	> 260
Кадмий	1	< 0,50	0,50–1,0	1,1–2,0	2,1–3,0	> 3,0
Мышьяк	1	< 2,5	2,5–5,0	5,1–10,0	10,1–15,0	> 15,0
Цинк	1	< 55,0	55,0–110	111–220	221–440	> 440
Медь	2	< 33,0	33,0–66,0	67,0–330	331–660	> 660
Никель	2	< 20,0	20,0–40,0	41–200	201–400	> 400
Хром	2	< 90,0	90,0–200	201–500	500–2000	> 2000

Таблица П.5 – Группировка почв III категории устойчивости для экологической оценки по валовому содержанию тяжелых металлов и мышьяка, мг/кг

Элемент	Класс опасности	Группа				
		1	2	3	4	5
Ртуть	1	< 1,0	1,1–2,1	2,1–5,0	5,1–10,0	> 10,0
Свинец	1	< 65,0	65,0–130	131–260	261–520	> 520
Кадмий	1	< 1,0	1,0–2,0	2,1–4,0	4,1–6,0	> 6,0
Мышьяк	1	< 5,0	5,0–10,0	10,1–20,0	20,1–30,0	> 30,0
Цинк	1	< 110	110–220	221–440	441–880	> 880
Медь	2	< 66,0	66,0–132	133–660	661–1320	> 1320
Никель	2	< 40,0	40,1–80,0	80,0–400	441–800	> 800
Хром	2	< 90,0	90,0–200	201–500	500–2000	> 2000

Таблица П.6 – Группировка почв для экологической оценки по содержанию подвижных форм тяжелых металлов и мышьяка, мг/кг

Элемент	Класс опасности	Группа				
		1	2	3	4	5
Свинец	1	< 3,0	3,0–6,0	6,1–12,0	12,1–18,0	> 18,0
Цинк	1	< 10,0	10,0–23,0	23,1–46,0	46,1–69,0	> 69,0
Медь	2	< 1,5	1,5–3,0	3,1–15,0	15,1–30,0	> 30,0
Никель	2	< 2,0	2,0–4,0	4,1–20,0	20,1–40,0	> 40,0
Хром	2	< 3,0	3,1–6,0	6,1–30,0	30,1–60,0	> 60,0
Кобальт	2	< 2,5	2,5–5,0	5,1–25,0	25,1–50,0	> 50,0

Таблица П.7 – Устойчивость сельскохозяйственных культур к загрязнению тяжелыми металлами

Устойчивость	Культура
Слабая	Салат, шпинат, свекла столовая, укроп, лук, петрушка
Средняя	Картофель, морковь, редис, лук, свекла сахарная и кормовая, томаты, огурцы, капуста, соя
Высокая	Зерновые и технические культуры, кукуруза и травы на силос, бобовые и злаковые травы на сено, все культуры на семена

Таблица П.8 – Организационно-технические мероприятия по мелиорации загрязненных земель

Категория почв по устойчивости к загрязнению	Группа загрязнения	Мероприятия
1	2	3
I	1	Плановый контроль экологического состояния почв. Ограничений на использование земель нет
	2	Плановый контроль экологического состояния почв. Идентификация источника загрязнения и по возможности исключение его влияния. Рекомендуется исключить из сельскохозяйственного использования культуры 1-й группы устойчивости к накоплению загрязнителей. Известкование и внесение органических удобрений (полуперепревший и перепревший подстилочный навоз, компост, торф) в дозе 60–80 т/га
	3	Усиленный контроль экологического состояния почв. Идентификация источника загрязнения и по возможности исключение его влияния. Рекомендуется исключить из сельскохозяйственного использования культуры 1-й группы устойчивости к накоплению загрязнителей; культуры, идущие на производство детского и диетического питания, и ограничить выращивание культур 2-й группы (допустимо при условии проведения мероприятий по химической мелиорации и усиленном контроле качества продукции). Известкование и внесение органических удобрений (полуперепревший и перепревший подстилочный навоз, компост, торф) в дозе 100–120 т/га. При наличии местных источников мелиорантов возможно глинование или внесение цеолитов в дозе 150 т/га
	4	Усиленный контроль экологического состояния почв. Идентификация источника загрязнения и по возможности исключение его влияния. Рекомендуется выращивание только технических культур (не идущих на производство продуктов питания и кормов), организация питомников, участков по производству семян и посадочного материала.

Продолжение табл. П.8

1	2	3
		<p>Известкование и внесение органических удобрений (полуперепревший и перепревший подстилочный навоз, компост, торф) в дозе 120–140 т/га.</p> <p>При наличии местных источников мелиорантов возможно глинование или внесение цеолитов в дозе 150 т/га.</p> <p>Перед проведением химической мелиорации в течение 1–3 лет целесообразно проведение мероприятий по фитомелиорации</p>
	5	<p>Усиленный контроль экологического состояния почв. Идентификация источника загрязнения и по возможности исключение его влияния.</p> <p>Консервация участка или организация питомников по производству посадочного материала устойчивых к загрязнению культур.</p> <p>Для особо ценных участков необходимо проведение фитомелиорации с последующим известкованием и внесением высоких доз органических удобрений</p>
II	1	<p>Плановый контроль экологического состояния почв. Ограничений на сельскохозяйственное использование земель нет</p>
	2	<p>Плановый контроль экологического состояния почв. Идентификация источника загрязнения и по возможности исключение его влияния.</p> <p>Рекомендуется исключить из сельскохозяйственного использования культуры 1-й группы устойчивости к накоплению загрязнителей.</p> <p>Известкование и внесение органических удобрений (полуперепревший и перепревший подстилочный навоз, компост, торф) в дозе 60–80 т/га.</p> <p>При наличии местных источников мелиорантов возможно глинование или внесение цеолитов в дозе 150 т/га</p>
	3	<p>Усиленный контроль экологического состояния почв. Идентификация источника загрязнения и по возможности исключение его влияния.</p> <p>Рекомендуется исключить из сельскохозяйственного использования культуры 1-й группы устойчивости к накоплению загрязнителей; культуры, идущие на производство детского и диетического питания, и ограничить выращивание культур 2-й группы (допустимо при условии проведения мероприятий по химической мелиорации и усиленном контроле качества продукции).</p> <p>Известкование и внесение органических удобрений (полуперепревший и перепревший подстилочный навоз, компост, торф) в дозе 120–140 т/га с глубокой вспашкой (30–50 см).</p> <p>При наличии местных источников мелиорантов возможно глинование или внесение цеолитов в дозе 150 т/га</p>

1	2	3
	4	<p>Усиленный контроль экологического состояния почв. Идентификация источника загрязнения и по возможности исключение его влияния.</p> <p>Рекомендуется выращивание только технических культур (не идущих на производство продуктов питания и кормов), организация питомников, участков по производству семян и посадочного материала.</p> <p>Известкование и внесение органических удобрений (полуперепревший и перепревший подстилочный навоз, компост, торф) в дозе 160–180 т/га с глубокой вспашкой (30–50 см).</p> <p>При наличии местных источников мелиорантов возможно глинование или внесение цеолитов в дозе 150 т/га.</p> <p>Перед проведением химической мелиорации в течение 1–3 лет целесообразно проведение мероприятий по фитомелиорации</p>
	5	<p>Усиленный контроль экологического состояния почв. Идентификация источника загрязнения и по возможности исключение его влияния.</p> <p>Консервация участка или организация питомников по производству посадочного материала устойчивых к загрязнению культур.</p> <p>Для особо ценных участков необходимо проведение фитомелиорации с последующим известкованием и внесением высоких доз органических удобрений</p>
Ш	1	<p>Плановый контроль экологического состояния почв. Ограничений на сельскохозяйственное использование земель нет</p>
	2	<p>Плановый контроль экологического состояния почв. Идентификация источника загрязнения и по возможности исключение его влияния.</p> <p>Рекомендуется исключить из сельскохозяйственного использования культуры 1-й группы устойчивости к накоплению загрязнителей.</p> <p>Для слабогумусированных почв (менее 4 %) внесение органических удобрений (полуперепревший и перепревший подстилочный навоз, компост, торф) в дозе 80–100 т/га.</p> <p>При наличии местных источников мелиорантов возможно глинование или внесение цеолитов в дозе 150 т/га</p>
	3	<p>Усиленный контроль экологического состояния почв. Идентификация источника загрязнения и по возможности исключение его влияния.</p> <p>Рекомендуется исключить из сельскохозяйственного использования культуры 1-й группы устойчивости к накоплению загрязнителей; культуры, идущие на производство детского и диетического питания, и ограничить выращивание культур 2-й группы (допустимо при условии проведения мероприятий по химической мелиорации и усиленном контроле качества продукции).</p> <p>Для слабогумусированных почв (менее 4 %) внесение органических удобрений (полуперепревший и перепревший подстилочный навоз, компост, торф) в дозе 120–140 т/га с глубокой вспашкой (30–50 см).</p> <p>При наличии местных источников мелиорантов возможно глинование или внесение цеолитов в дозе 150 т/га</p>
	4	<p>Усиленный контроль экологического состояния почв. Идентификация источника загрязнения и по возможности исключение его влияния.</p> <p>Рекомендуется выращивание только технических культур (не идущих на производство продуктов питания и кормов), организация питомников, участков по производству семян и посадочного материала.</p>

1	2	3
		Для слабогумусированных почв (менее 4 %) внесение органических удобрений (полуперепревший и перепревший подстилочный навоз, компост, торф) в дозе 160–180 т/га с глубокой вспашкой (30–50 см). При наличии местных источников мелиорантов возможно глинование или внесение цеолитов в дозе 150 т/га. Перед проведением химической мелиорации в течение 1–3 лет целесообразно проведение мероприятий по фитомелиорации
	5	Усиленный контроль экологического состояния почв. Идентификация источника загрязнения и по возможности исключение его влияния. Консервация участка или организация питомников по производству посадочного материала устойчивых к загрязнению культур. Для особо ценных участков необходимо проведение фитомелиорации с последующим известкованием и внесением высоких доз органических удобрений

Таблица П.9 – Обеспеченность почв доступным азотом в зависимости от содержания гумуса и предшественника, оценка ее в классах

Культуры	Менее 5 %, подзолистые и серые лесные	5–10 %, черноземы, темно-серые лесные, 3–5 % – каштановые	Более 10 %, черноземы, лугово-черноземные почвы
Зерновые по чистому пару	4	5	6
Зерновые по занятому пару	3	4	4
Зерновые по раннему пласту многолетних трав	4	5	6
Зерновые по позднему пласту многолетних трав	2	3	4
Зерновые по обороту пласта	2	3	4
Зерновые по удобренным пропашным	2	3	4
Зерновые по зернобобовым	2	3	3
Зерновые по зерновым	1	1	2
Пропашные по обороту пласта	2	3	3
Пропашные по зерновым	1	1	2
Пропашные по пропашным	2	3	3
Пропашные по занятому пару	2	4	4
Многолетние травы по зерновым	1	1	2
Многолетние травы по многолетним травам	2	3	5
Вторая зерновая по чистому пару	1	1	2

Таблица П.10 – Шкала потребности растений в азотных удобрениях в зависимости от содержания в почве нитратного азота (N-NO₃)

Группа	Содержание нитратного азота	N-NO ₃ , мг/кг	Оценка плодородия	Потребность в удобрениях
1	Очень низкое	< 4,0	Низкое	Высокая
2	Низкое	4,1–8,0		
3	Среднее	8,1–12,0	Среднее	Средняя
4	Повышенное	12,1–16,0		
5	Высокое	16,1–20,0	Высокое	Низкая
6	Очень высокое	> 20,1		

Примечание: 7-й и 8-й классы только для овощных культур.

Таблица П.11 – Примерные запасы продуктивной влаги (ПВ) в почве перед посевом культур по зонам Красноярского края в зависимости от предшественников (данные КрасГАУ, КНИИСХ, гидрометеослужбы)

Предшественник	Запасы ПВ в слое 1 м, мм	
	Колебания	Среднее
Тайга, подтайга		
Пар чистый	220–260	240
Пар занятый	190–230	210
Пропашные	180–200	190
Зерновые	120–160	140
Многолетние травы	130–160	150
Лесостепь		
Пар чистый	205–230	210
Пар занятый	170–210	190
Пропашные	150–190	170
Зерновые	100–160	120
Многолетние травы	110–170	130
Степь		
Пар чистый	180–200	190
Пар занятый	140–180	160
Пропашные	130–170	150
Зерновые	90–140	110
Многолетние травы	100–140	120

Таблица П.12 – Характеристика приемов обработки почвы
[Едимейчев, Шпагин, 2014]

Приемы обработки почвы	Орудия обработки почвы	Технологическая операция	Условия применения
1	2	3	4
Основная обработка почвы			
Вспашка	ПЛН-3-35 ПЛН-4-35 ПЛН-5-35 ПЛН-6-35 ПЛН-9-35 ПВН-3-35 ПН-8-35 EUROPAL EUROTITAN ПТК-9-35	Оборачивание, крошение, рыхление и перемешивание, заделка удобрений, сорняков, возбудителей болезней	На тяжелых почвах, засоренных многолетними сорняками в системе зяблевой обработки под кукурузу, картофель после многолетних трав в лесостепи и подтайге
Безотвальное рыхление	Штанговый культиватор КШН-3,6; культиваторы-плоскорезы КПЭ-3,8; КПШ-9	Рыхление, перемешивание почвы, подрезание сорняков с оставлением стерни	В степных районах для сплошной предпосевной культивации
Плоскорезное глубокое (25–27 см) рыхление	Плоскорезы глубокорыхлители КПГ-250 КПГ-2-150 ГУН-4		Применяют в степных засушливых районах, подверженных ветровой эрозии взамен отвальной вспашки
Чизелевание	Плуги-чизели ПЧ-4,5 ПЧ-3,5 КПГ-2-150 КПГ-2,2 ПЛН-5-35 ПКЧ-(4+1)-50М ПЧ-4,5 Chip ПЧ-10,01	Рыхление при частичном перемешивании	Для сплошного глубокого (20–40 см) рыхления почвы без ее оборачивания, а также на малоплодородных почвах для углубления пахотного слоя
Двухъярусная обработка	Двухъярусный плуг Чикалики ПЯ-3-35 Плуг с вырезными отвалами П-3-30У	Оборачивание верхней части пахотного слоя и одновременное рыхление нижней части или перемещение верхнего слоя на место нижнего	На подзолистых почвах, оборачивание и перемешивание 2 горизонтов почвы. Для разделки пласта многолетних трав
Фрезерование	Фрезы ФБН-0,9 ФБН-1,6 Культиватор-фреза КФГ-3,6	Интенсивное рыхление и тщательное перемешивание	На дерново-подзолистых почвах с применением извести, органических удобрений

Продолжение табл. П.12

1	2	3	4
Плантажная вспашка	Плантажные плуги до 40 см	Те же, что и при вспашке	Для окультуривания песчаных и супесчаных почв
Приемы предпосевной обработки			
Боронование	БИГ-3А БЗСС-1 БЗСТ-1	Рыхление, перемешивание, выравнивание поверхности почвы с частичным уничтожением сорняков	Весной для закрытия влаги по стерне
Культивация с боронованием и выравниванием	КПС-4 КПЭ-3,8 КТС-10	Рыхление, перемешивание почвы, подрезание сорняков	В системе предпосевной обработки почвы
Прикатывание	ЗКК-6А	Уплотнение, крошение глыб, выравнивание поверхности	Боронование, прикатывание перед посевом
Шлейфование	ШВ-2,5	Выравнивание поверхности почвы	Перед посевом
Приемы послепосевной обработки почвы			
Прикатывание	КЗК-10	Уплотнение почвы	После посева всех культур
Боронование до всходов и после всходов	БЗСС-1 БСО-4 ЗПБ-0,5	Уничтожение нитевидных проростков	При сильном засорении
Междурядная культивация	КРН-5,6	Подрезание сорняков, рыхление	
Окучивание	КОН-2,8		
Приемы послепосевной обработки			
Щелевание	Щелеватели ЩН-2-140 ГР-2,7 ПЩ-3 ПЩ-5 ЩН-5-40	Прорезание в почве щелей для перевода поверхностного стока во внутренний для накопления влаги и защиты почвы от водной эрозии	На склоновых землях осенью
Кротование	Плуг, оборудованный кротователем	Обработка почвы, обеспечивающая образование отверстий в горизонтальном направлении. Для отвода излишней воды в подпахотный слой	

Продолжение табл. П.12

1	2	3	4
Послеуборочные обработки			
Дискование	С-11У+3КПС-4Г КПП-8 JOHNDEERE 726 БДТ-3 БДТ-7 ЛДГ-5 ЛДГ-10 КПП-2,2 КПГ-2-150 КПШ-9	Рыхление, перемешивание, частичное обрачивание	На биологически взрыхленных почвах (картофель, кукуруза)
Посевные комплексы			
Основная и предпосевная, посев полосой 12–15 см, прикатывание полосы посева	Агромастер 12200 (культиваторного типа для прямого посева и минимальной технологии возделывания зерновых культур)	Разделка почвы или стерни, подготовка семенного ложе, посев полосой 12–15 см, боронование посевов, вычесывание сорняков и прикатывание полосы посева	Семена и удобрения распределяются широкой полосой в 15 см, что увеличивает площадь питания в 4 раза и снижает вредное воздействие удобрений в начальной стадии развития
Предпосевная культивация, боронование, посев, внесение удобрений, прикатывание, выравнивание почвы	Кузбасс	Предпосевная культивация, боронование, посев, внесение удобрений, прикатывание, выравнивание почвы	Предназначено для возделывания сельскохозяйственных культур по минимальной технологии обработки почвы. Посев как по стерневому фону без предварительной подготовки, так и по фонам, обработанным по традиционной технологии отвальной вспашки
Посев широкого спектра сельскохозяйственных культур (от зернобобовых до технических мелкосеменных) в диапазоне норм высева от 3 до 340 кг/га; прикатывание семян	Томь-10	Разделка почвенного пласта, измельчение органических остатков, качественное формирование борозды в условиях повышенной влажности	Позволяет высевать широкий спектр сельскохозяйственных культур (от зернобобовых до технических), обеспечивает равномерность размещения семян по глубине
Посев, внесение стартовых доз удобрений совместно с семенами, а также повышенных норм азотных удобрений в отдельную борозду, прикатывание семян	Джон Дир-1895	Посев и внесение стартового удобрения в любых почвенно-климатических условиях, не требуется предпосевная подготовка почвы	Предназначено для работы по нулевой технологии

1	2	3	4
Предпосевная культиваторная подготовка почвы с заделыванием органических и минеральных удобрений	Терминатор	Обработка почвы на глубину до 15 см, рыхление и выравнивание почвы, подрезание сорняков	Предназначено для хозяйств со смешанной системой земледелия, которые применяют как предпосевную подготовку почвы с заделыванием органических и минеральных удобрений, так и посев по минимальной технологии
Внесение порошкообразных, жидких или газообразных удобрений, посев и прикатывание семян сельскохозяйственных культур	Horsch-Agro-Союз	Обработка почвы до, во время и после посева, внесение сыпучих, жидких видов удобрений в подсеменной слой почвы и прикатывание	Предназначено для высева семян зерновых и мелкосеменных культур для прямого посева, а также на почве, подготовленной в соответствии с агротехническими требованиями к предпосевной обработке во всех почвенно-климатических зонах на уклонах до 8°, кроме зон горного земледелия
Посев может производиться по необработанному полю с отказом от всех видов механической обработки или в предварительно обработанную почву	Kernel and Accord Insider-12-6000	Широкополосный посев семян зерновых, зернобобовых и мелкосеменных культур с одновременным внесением минеральных удобрений	Предназначено для посева полевых культур во всех почвенно-климатических зонах до 8°

Таблица П.13 – Поправочные коэффициенты к дозам азотных удобрений в зависимости от класса обеспеченности почв азотом

Обеспеченность почв азотом	Класс	Культуры		
		Зерновые, зернобобовые	Пропашные и многолетние травы	Картофель, овощи, корнеплоды
1	2	3	4	5
Серые лесные, дерново-подзолистые				
Очень низкая	1	1,4	1,4	1,4
Низкая	2	1,2	1,2	1,2
Средняя	3	1,0	1,0	1,0
Повышенная	4	0,7	0,7	0,7
Высокая	5	0,2	0,3	0,5
Очень высокая	6	0,0	0,0	0,3

Окончание табл. П.13

1	2	3	4	5
	7	0,0	0,0	0,2
	8	0,0	0,0	0,1
Черноземы: обыкновенные, выщелоченные, оподзоленные				
Очень низкая	1	1,4	1,4	1,4
Низкая	2	1,2	1,2	1,2
Средняя	3	1,0	1,0	1,0
Повышенная	4	0,7	0,7	0,8
Высокая	5	0,0	0,0	0,5
Очень высокая	6	0,0	0,0	0,3
	7	0,0	0,0	0,2
	8	0,0	0,0	0,1
Черноземы южные и каштановые				
Очень низкая	1	1,4	1,4	1,4
Низкая	2	1,2	1,2	1,2
Средняя	3	1,0	1,0	1,0
Повышенная	4	0,5	0,7	0,7
Высокая	5	0,0	0,0	0,5
Очень высокая	6	0,0	0,0	0,3
	7	0,0	0,0	0,2
	8	0,0	0,0	0,1

Таблица П.14 – Поправочные коэффициенты к дозам фосфорных удобрений в зависимости от класса обеспеченности почв фосфором

Обеспеченность почв азотом	Класс	Культуры		
		Зерновые, зернобобовые	Пропашные и многолетние травы	Картофель, овощи, корнеплоды
1	2	3	4	5
Серые лесные, дерново-подзолистые				
Очень низкая	1	1,4	1,4	1,4
Низкая	2	1,2	1,2	1,2
Средняя	3	1,0	1,0	1,0
Повышенная	4	0,7	0,7	0,7
Высокая	5	0,2	0,3	0,5
Очень высокая	6	0,0	0,0	0,2
	7	0,0	0,0	0,2
	8	0,0	0,0	0,1
Черноземы: обыкновенные, выщелоченные, оподзоленные				
Очень низкая	1	1,4	1,4	1,4
Низкая	2	1,2	1,2	1,2
Средняя	3	1,0	1,0	1,0
Повышенная	4	0,7	0,7	0,8
Высокая	5	0,2 в рядки	0,2 в рядки	0,3
Очень высокая	6	0,0	0,0	0,2
	7	0,0	0,0	0,2
	8	0,0	0,0	0,1

1	2	3	4	5
Черноземы южные и каштановые				
Очень низкая	1	1,4	1,4	1,4
Низкая	2	1,2	1,2	1,2
Средняя	3	1,0	1,0	1,0
Повышенная	4	0,5	0,7	0,7
Высокая	5	0,3 в рядки	0,3 в рядки	0,3
Очень высокая	6	0,0	0,0	0,2
	7	0,0	0,0	0,2
	8	0,0	0,0	0,1

Таблица П.15 – Поправочные коэффициенты к дозам калийных удобрений в зависимости от класса обеспеченности почв калием

Обеспеченность почв азотом	Класс	Культуры		
		Зерновые, зернобобовые	Пропашные и многолетние травы	Картофель, овощи, корнеплоды
Серые лесные, дерново-подзолистые				
Очень низкая	1	1,4	1,4	1,4
Низкая	2	1,2	1,2	1,2
Средняя	3	1,0	1,0	1,0
Повышенная	4	0,7	0,7	0,7
Высокая	5	0,2	0,3	0,5
Очень высокая	6	0,2	0,0	0,2
	7	0,0	0,0	0,2
	8	0,0	0,0	0,1
Черноземы: обыкновенные, выщелоченные, оподзоленные				
Очень низкая	1	1,4	1,4	1,4
Низкая	2	1,2	1,2	1,2
Средняя	3	1,0	1,0	1,0
Повышенная	4	0,7	0,7	0,8
Высокая	5	0,0	0,0	0,3
Очень высокая	6	0,0	0,0	0,2
	7	0,0	0,0	0,0
	8	0,0	0,0	0,0
Черноземы южные и каштановые				
Очень низкая	1	1,4	1,4	1,4
Низкая	2	1,2	1,2	1,2
Средняя	3	1,0	1,0	1,0
Повышенная	4	0,5	0,7	0,7
Высокая	5	0,0	0,0	0,5
Очень высокая	6	0,0	0,0	0,2
	7	0,0	0,0	0,0
	8	0,0	0,0	0,0

Таблица П.16 – Рекомендуемые нормы минеральных удобрений (кг д.в.)

Культуры	Серые лесные почвы, дерново-подзолистые			Черноземы: обыкновенный, выщелоченный, оподзолен- ные			Черноземы южные и каштановые почвы		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Зерновые по пару		20–30 в рядки			20–30 в рядки			20–30 в рядки	
Зерновые по многолетним травам	40	40	40	30	40	30	30	40	30
Зерновые по удобренным пропашным	40	40	40	30	40	40	30	30	30
Зерновые по обороту пласта многолетних трав	40	40	40	30	40	30	30	30	30
Зерновые по зерновым	30	40	40	40	60	40	30	40	30
Зерновые по однолетним травам	40	40	40	30	40	40	30	40	30
Пропашные по зерновым	60	70–80	40	40	60	60	40	60	40
Многолетние травы	40	60	40	40	40	40	30	40	30
Однолетние травы	40	40	40	40	40		40	40	
Картофель по пару	40	60	60	40	60	60	40	60	60
Картофель по зерновым	60	90	90	60	90	90	60	90	90
Кукуруза на силос	60–90	60–90	90	60–90	60–90	90	60	60–90	90
Корнеплоды	60	90	60	40	60	90	40	60	90
Овощи: капуста среднепоздняя и поздняя	90–120	90–120	90–120	90–120	90	90	90	90	90
– огурцы	40–60	60	60	60	60	60	40	60	60
– томаты	60–90	90	60–90	45–60	60–90	60	45–60	60–90	60–90
– морковь	40–60	60	40	40–60	60	40	45–60	60	45–60
– свекла	60–90	60–90	60	45–60	60–90	45–60	45–60	60	30–40

СИСТЕМА РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ЗЕМЕЛЬ

Учебное пособие

БЕЛОУСОВА Елена Николаевна

Редактор Т.М. Мастрич

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 24.49.04.953.П. 000381.09.03 от 25.09.2003 г.

Подписано в печать 19.05.2020. Формат 60×84/8. Бумага тип. № 1

Печать – ризограф. Усл. печ. л. 9,0. Тираж 60 экз. Заказ № 69

Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета,
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117