

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени А.А. ЕЖЕВСКОГО**

Агрономический факультет

Кафедра агроэкологии, агрохимии, физиологии и защиты растений

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ПРОХОЖДЕНИЯ ЛЕТНЕЙ УЧЕБНОЙ
ПРАКТИКИ**

Направление подготовки
35.03.04 – Агрохимия и агропочвоведение

Профиль подготовки
Агроэкология

Уровень бакалавриата

Молодежный, 2021 г.

УДК 631.9

Учебное пособие рекомендовано к изданию научно-методическим Советом Иркутского ГАУ Протокол №___ от «__»_____2019 г

Составители: Замашиков Р.В., Дмитриева Е.Ш., Хуснидинов Ш.К.

Рецензент: Бояркин Е.В., Бутырин М.В.

Сельскохозяйственная экология: учебное пособие для прохождения летней учебной практики / Иркут.гос.аграр.ун-т им А.А. Ежевского; Р.В. Замашиков, Е.Ш.Дмитриева, Ш.К. Хуснидинов - Молодежный: Изд-во ИрГАУ, 2021. – 107 с.

Учебное пособие предназначено для студентов агрономического факультета направления подготовки 35.03.03 – агрохимия и агропочвоведение, профиль «агроэкология».

СОДЕРЖАНИЕ

Цели и задачи учебной практики.....	3
Форма отчетности по практике.....	5
Биоиндикация экосистем	
Применение методов биоиндикации и биотестирования в агроэкологии.....	6
Расчет платы за загрязнение земель химическими веществами.....	11
Полевой метод исследования культивируемых растительных сообществ(агрофитоценозов).....	21
Конкурентоспособность растений в агрофитоценозах. Методика определения конкурентоспособности.....	33
Основные принципы регуляции и оптимизации агробиогеоценозов. Методика расчета биологической продуктивности АЭС.....	37
Лабильное органическое вещество почвы: номенклатурная схема, методы изучения и агроэкологические функции.....	39
Методика определения органического вещества.....	50
Биологический азот: проблема, величина, условия накопления, экологическое значение Теоретическое обоснование и методика определения.....	52
Методика определения симбиотрофного азота.....	56
Сбалансированность процессов минерализации и гумификации - интегральный показатель экологической устойчивости почвы.....	58
Устойчивость агроэкосистем при различных системах земледелия.....	63
Методика расчета экологичности системы земледелия.....	66
Оценка экологической устойчивости агроландшафтов. Методика расчета коэффициентов устойчивости ландшафта.....	67
Методика определения экологической устойчивости почвенного блока.....	73
Расчет биоэнергетического потенциала агроландшафта (БЭПТ) и биоклиматического потенциала продуктивности (БКП).....	76
«Дыхание» почвы. Методика Шаркова.....	84
Машинная деградация почв.....	88
Перечень основной и дополнительной учебной литературы, рекомендуемой для прохождения практики	97
Литература.....	101
Приложения	103

Цели и задачи учебной практики – формирование знаний и умений по рациональному использованию потенциальных возможностей почвы и растений при производстве сельскохозяйственной продукции. Реализация экологической концепции развития и совершенствования сельскохозяйственного производства, способов и приёмов рекультивации и реабилитации техногенно-загрязнённых территорий с целью возвращения их в сельскохозяйственное пользование, для производства экологически безопасной продукции

В результате прохождения летней учебной практики студент должен:

знать: понятие об агроэкосистемах и их почвенно-биотический комплекс, экологические проблемы сельскохозяйственного производства, основные направления устойчивого развития агроэкосистем;

уметь: использовать методы биоиндикации, биотесты, методики расчетов экологических показателей плодородия и устойчивости.

Общая трудоемкость практики составляет 6 зачетных единицы или 216 часов, продолжительность - 4 недели. Учебная практика по получению первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности осуществляется на 2 курсе по очной форме обучения, на 2 курсе по заочной форме обучения.

Трудоемкость практики

№ п/п	Наименование разделов	Виды работ и трудоемкость в часах
1	Подготовительный. Рабочее совещание. Инструктаж по технике безопасности на рабочем месте. Изучение методик.	12
2	Основной. Обработка и анализ информации по выполняемым темам. Формулирование выводов.	168
3	Заключительный (оформление отчёта по практике). Формирование текста отчёта, табличного материала, приложений Мероприятия по оформлению отчёта: подготовка отчетной документации по итогам практики; составление и оформление отчета о прохождении практики; сдача отчета о практике на кафедру	36
	ИТОГО	216

Форма отчетности по практике

На промежуточную аттестацию по учебной практике предоставляются следующие документы:

- план учебной практики (приложение1)
- отчет о прохождении учебной практики (приложение2)

Отчет должен быть написан с соблюдением норм литературного языка, правил грамматики и с учётом специфики научной речи – точности и однозначности.

Основной текст отчета должен быть напечатан на одной стороне стандартного листа писчей бумаги формата А 4. Шрифт TimesNewRoman – обычный, размер – 14 pt, междустрочный интервал – одинарный, выравнивание «по ширине». Поля должны оставаться по всем четырём сторонам печатного листа: левое поле – 30 мм, правое – не менее 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм. Абзац должен равняться пяти буквенным знакам (1,25 см).

Структура отчета:

Введение (отразить цель и задачи практики).

Место и время прохождения практики

Проделанная работа (по разделам плана практики).

Заключение

Биоиндикация экосистем

Применение методов биоиндикации и биотестирования в агроэкологии

Цель работы: научиться оценивать влияние различных концентраций пестицида на семена тест-растений с построением диаграмм ингибирования роста семян.

Биодиагностика выступает в качестве средства интегральной оценки воздействия поллютантов, что очень важно, например, для установления подверженности агроценозов антропогенным воздействиям. Доступность, простота и надежность используемых методов контроля определяет перспективность биодиагностики. Она включает биоиндикацию и биотестирование.

Биоиндикация заключается в оценке качества среды обитания и её отдельных характеристик по состоянию её биоты в природных условиях (выявление наличия в компонентах окружающей среды каких-либо загрязняющих веществ). Возможности биоиндикаторов могут служить важным дополнением к физическим и химическим методам измерений.

Биотестирование представляет оценку (преимущественно в лабораторных условиях) качества объектов окружающей среды с использованием живых организмов.

Для биотестирования применяются бактерии, водоросли, высшие растения, моллюски, пиявки, рыбы и другие организмы. Для биотестирования почвенных образцов применяют дождевых червей, олигохет (кольчатых червей) и различных насекомых. Размножение дождевых червей в значительной степени зависит от наличия в перерабатываемом субстрате пестицидов, тяжелых металлов и других поллютантов.

Среди биологических индикаторов целесообразно различать биоиндика-

торы уровней загрязнения и биоиндикаторы состояния экосистемы. Первые представляют собой организмы-концентраторы, в которых накапливаются (концентрируются) определенные поллютанты.

Оценку загрязненности среды обитания осуществляют по отклику организмов, выражающемуся в определенных физиологических реакциях и в накоплении токсикантов в органах и тканях. Например, использование в качестве биоиндикаторов лишайников, которые хуже, чем высшие растения, защищены покровной тканью, поэтому, особенно чувствительны к загрязняющим веществам.

Биоиндикаторы состояния экосистем издавна используются человеком. Так, в районах повышенной сейсмической активности поведение домашних животных (кошек, собак) помогает предсказать землетрясение или извержение вулкана. Обилие в травостое конского щавеля, осок, лютиковых свидетельствует о значительной кислотности почв. Молодые растения табака очень чувствительны к присутствию в воздухе фотооксидантов – озона и органических пероксидов (изменение пигментации листьев вследствие их некротизации).

Биотестирование позволяет с помощью специально подобранных, высокочувствительных к загрязнителям животных-тестов определить интегральную токсичность проб с исследуемых территорий, оценить эколого-токсикологическое состояние агроценозов и возможные его последствия.

Тест-объекты обычно выбирают среди наиболее чувствительных к загрязнителям видов. При наличии определенного количества вредных веществ в анализируемой пробе животные сигнализируют о токсичности изменением своего физиологического состояния или смертью.

В агроэкологии методы биодиагностики с успехом используют для оценки токсичности тех или иных соединений (например, солей тяжелых металлов, пестицидов), субстратов (образцов почв, отобранных в различных зонах города, вдоль автомагистралей), сточных вод, идущих на повторное использование.

Методы биодиагностики дают возможность учитывать суммарное действие на культуру не только используемого гербицида, но и всех продуктов его распада, многие из которых характеризуются большей фитотоксичностью, чем исходный препарат.

По точности определения содержания фитотоксичных остатков пестицидов в почве, как свидетельствуют результаты сравнительных опытов по ряду культур и гербицидов, биометод не уступает экспериментальным..

Метод биоиндикации имеет много преимуществ:

- способствует охране здоровья работников, полностью исключает процедуры многоступенчатого экстрагирования гербицидов с помощью органических растворителей, большинство из которых оказывают вредное влияние на человека;

- прост в выполнении и перспективен, так как позволяет с помощью проростков или быстрорастущих растений, чувствительных к изучаемым классам гербицидов, определять их суммарные остаточные количества в почве;

- оперативен, так как позволяет быстро получить наглядные результаты без применения дорогостоящих реактивов и оборудования;

- позволяет быстро оценить суммарную фитотоксичность почвы;

- экономичен.

Данные методы можно использовать не только для учебных лабораторных работ, но и при выполнении курсовых, дипломных, а также научно-исследовательских работ. Следует отметить, что все результаты испытаний с тест-растениями должны быть подвергнуты статистической обработке.

Можно использовать семена кресс-салата, мака, укропа, льна, редиса, пшеницы и т.д. Для достоверной оценки применяют не менее трех тестов с разными видами семян.

С целью профилактики семена протравливают. Сухие семена погружают в 1 % раствор марганцевокислого калия на 0,5 часа, а затем промывают

дистиллированной водой, используя два слоя марли, обсушивают на фильтровальной бумаге на воздухе.

Семена почти всех растений, не требующих скарификации, дружно и быстро прорастают в весенний период, хуже – в осенний и очень плохо – в период глубокого покоя (с половины ноября до половины января).

Оборудование и реактивы:

1. Термостат;
2. Чашки Петри;
3. Пенициллиновые пузырьки;
4. Пипетка аптечная;
5. Стеклограф;
6. Фильтровальная бумага;
7. Семена тест-растений;
8. Исходный раствор пестицида 2,4 Д (0,001 %);
9. Раствор сахарозы (2 %);
10. Дистиллированная вода.

Приготовление растворов пестицидов

Известно, что все пестициды действуют на биоту в миллионных долях процента, поэтому исходный раствор пестицида, например, 2,4 Д, берётся 0,001-0,0001 % в 2 %-ной сахарозе. Раствор готовят в небольшом объеме (50 мл на группу) и разбавляют затем до нужных концентраций. Исходный раствор пестицида разливают в пенициллиновые пузырьки по 5 мл. Последующие растворы приготавливают разбавлением исходного раствора. Например, 1 мл 0,001 % раствора и 9 мл растворителя – получается 0,0001 % раствор. Каждый взбалтывают, последующий раствор готовят из предыдущего, чем достигаются разные концентрации: 0,00001 %, 0,000001 %, 0,0000001 %.

Данную работу можно расширить за счет использования солей тяжелых металлов, которые в малых концентрациях усиливают ростовые процессы, а в больших – подавляют.

Ход анализа:

1. Два фильтра, смоченные раствором пестицида (0,0001-0,000001 %) помещают на дно чашки Петри, раскладывают на них 50 семян, закрывают крышкой, ставят в термостат при температуре +25-26 °С.

2. Оценивают степень прорастания семян и величину проростков по отношению к контролю, принятому за 100 %. Контроль ставят на дистиллированной воде.

3. Строят диаграммы ингибирования роста семян по отдельным показателям: процент прорастания, размер всего проростка, разворачивание семядолей и др.

ПДК для пестицидов – это миллионные доли процента.

В научных целях (например, для дипломной работы) оценку производят тогда, когда семена на контроле прорастут на 50 %. [13]

Расчет платы за загрязнение земель химическими веществами

Цель работы: освоить методику расчета платы за загрязнение земель химическими веществами и ущерба от загрязнения земель несанкционированными свалками отходов.

Важным элементом системы экономического механизма природопользования являются платежи за негативное воздействие на окружающую среду. Россия является одной из первых стран в мире, применившей эти платежи на практике. Начиная с 1991 года, платежи за загрязнение введены в качестве обязательного инструмента хозяйственного механизма.

В Российской Федерации плата за негативное воздействие на окружающую среду осуществляется предприятиями на основании Постановления Правительства РФ № 344 от 12.06.2003 г. «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещения отходов производства и потребления», а также Постановления Правительства РФ № 410 от 01.07.2005 г. «О внесении изменений в Приложение к Постановлению Правительства РФ № 344 от 12.06.2003 г. ».

Платежи за загрязнение призваны компенсировать экономический ущерб (экстерналии), наносимый предприятиями природной среде в процессе своей деятельности. В соответствии с этим платежи стимулируют предприятия сокращать выбросы вредных веществ, а также являются источником последующего аккумулирования денежных средств, предназначенных для ликвидации негативных экологических последствий производства.

Экологические платежи организаций Приморского края по охране окружающей среды за 2007 год составили 99,1 млн. рублей, по сравнению с

2006 годом они увеличились на 8 %, причем за размещение отходов производства и потребления было выплачено 43 % всех платежей.

Министерством охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации определен расчет ущерба от загрязнения земель химическими веществами по следующей формуле:

$$\Pi = \sum_{i=1}^n (H_c * S(i) * K_v * K_{\text{э}}(i) * K_z(i) * K_r),$$

где Π – размер платы за ущерб от загрязнения земель одним или несколькими химическими веществами (тыс. руб.);

H_c – норматив стоимости сельскохозяйственных земель (тыс. руб./га), определяемый по таблицам. Устанавливается органами исполнительной власти;

K_v – коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению загрязненных сельскохозяйственных земель (таблица 5);

$S(i)$ – площадь земель загрязненных химическими веществами (га);

$K_z(i)$ – коэффициенты пересчета в зависимости от степени загрязнения земель химическим веществом (таблица 6);

$K_{\text{э}}(i)$ – коэффициент экологической ситуации региона (таблица 7);

K_r – коэффициент пересчета в зависимости от глубины загрязнения (таблица 8).

Таблица 1 – Коэффициенты пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению загрязненных сельскохозяйственных земель

Продолжительность периода восстановления	Коэффициент пересчета	Продолжительность периода восстановления	Коэффициент пересчета
1 год	0,9	8-10лет	5,6
2 года	1,7	11-15лет	7,0
3 года	2,5	16-20лет	8,2

4 года	3,2	21-25лет	8,9
5 лет	3,8	26-30лет	9,3
6-7лет	4,6	31 и более лет	10,0

Таблица 2 – Коэффициенты пересчета в зависимости от степени загрязнения земель химическим веществом

Уровень загрязнения	Степень загрязнения земель	Кз
1	Допустимая	0
2	Слабая	0,3
3	Средняя	0,6
4	Сильная	1,5
5	Очень сильная	2,0

Таблица 3– Коэффициент экологической ситуации региона

Регион России	Кэ	Регион России	Кэ
Северный	1,4	Поволжский	1,9
Северо-Западный	1,3	Северо-Кавказский	1,9
Центральный	1,6	Уральский	1,7
Волго-Вятский	1,5	Западно-Сибирский	1,2
Центрально-Черноморский	2,0	Восточно-Сибирский	1,1
		Дальневосточный	1,1

Таблица 4 – Коэффициент пересчета в зависимости от глубины загрязнения

Глубина загрязнения, см	Кг	Глубина загрязнения, см	Кг
0-20	1,0	0-50	1,3
0-100	1,5	0-150	1,7
Более 150	2,0		

Норматив стоимости земельных угодий можно определить по формуле:

$$H_c = \frac{S * Y * M * K}{E},$$

где M – созданный в общественном производстве продукт с 1га в год в денежной единице. Берется стоимость урожая с 1га, или с площади определенного земельного участка;

S – площадь земельного участка, если речь идет о конкретной земельной площади, га;

Y – коэффициент, характеризующий вклад земли как фактора производства в величину выращенного урожая. Данный коэффициент имеет три значения: 0,10; 0,15 и 0,20. Иными словами, вклад земли как фактора производства составляет от 10 до 20 %;

E – норматив учета фактора времени: 1: число лет использования. Число лет использования должно быть не менее 300;

K – коэффициент качества сельскохозяйственных угодий, рассчитанный на основании отношения средневзвешенного балла качества земельного участка к средневзвешенному баллу почв данного региона или страны. Подобные расчеты делаются студентами при курсовом проектировании по земледелию.

Данная формула расчета стоимости земельных угодий предложена институтом экономических проблем природопользования и предпочтительней региональных нормативов стоимости из-за инфляции.

Показатели уровня загрязнения почвы в зависимости от химических веществ приведены в таблице 10. Если в таблице нет химических веществ, которые загрязнили почву, то необходимо сделать химический анализ загрязняющего вещества и отнести его значение к значению фонового содержания вещества в различных почвах (таблица 9).

Отношение фактического и фонового содержания дает значение коэффициента K_z . Фон для органических загрязнителей приравнивается к 0,1 ПДК, если их уровень загрязнения неизвестен.

Пример расчета 1

Пахотный слой поля площадью 300 га загрязнен остаточными количествами хлорсодержащих пестицидов. Превышение ПДК в 3 раза. Почва лугово-черноземовидная. Рассчитать размер платы за загрязнение земель.

Размер платы за ущерб от загрязнения земель определяется по формуле:

$$П = \sum_{i=1}^n (H_c * S(i) * K_b * K_{\text{э}}(i) * K_3(i) * K_r)$$

Таблица 5 – Фоновое содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах, мг/кг (норматив Минприроды России)

Почвы	Zn	Cd	Pd	Hg	Cu	Co	Ni	As
Дерново-подзолистые, песчаные и супесчаные	28	0,05	6	0,05	8	3	6	1,5
Дерново-подзолистые, суглинистые и глинистые	45	0,12	15	0,10	15	10	30	2,2
Серые лесные	60	0,20	16	0,15	18	12	35	2,6
Черноземы	68	0,24	20	0,20	25	15	45	5,6
Каштановые	54	0,16	16	0,15	20	12	35	5,2

По таблицам находим значения коэффициентов.

Дано: $S = 300$ га

$K_b = 3,8$ (продолжительность периода восстановления 5 лет)

$K_3 = 1,1$ (Дальневосточный регион)

$K_3 = 0,3$ (уровень загрязнения по таблице 6 – низкий, поэтому степень загрязнения слабая)

$K_r = 1,0$ (глубина загрязнения 20 см)

Норматив стоимости земельных угодий определяем по формуле:

$$H_c = \frac{S * Y * M * K}{E},$$

где $S = 300$ га;

$U=0,15$ – вклад земли как фактора производства 0,15 %

M – рассчитываем по сое, урожайность которой в 2008 г. составила 1,4 т/га, стоимость 1т сои – 10-12 тыс. руб./т

$$M = 1,4 \text{ т/га} * 10000 \text{ руб./т} = 14000 \text{ руб./га}$$

$E = 300$ лет

$K = 72 : 100 = 0,72$ (бонитет лугово-черноземовидных почв), тогда

$$H_c = \frac{300 * 0,15 * 14000 * 0,72}{300} = 1512 \text{ руб./га}$$

Зная все величины, вычисляем размер платы за загрязнение:

$$П = 1,512 \text{ тыс.руб./га} * 300 \text{ га} * 3,8 * 0,3 * 1,1 * 1,0 = 568,8 \text{ тыс. руб.}$$

Задание: пахотный слой поля площадью 420 га загрязнен свинцом. Превышение ПДК в 4 раза. Почва лугово-черноземовидная. Рассчитать размер платы за загрязнение земель.

Таблица 6 – Показатели уровня загрязнения земель химическими веществами

Элемент, содержание	Содержание химических веществ, соответствующие уровню загрязнения, мг/кг				
	1 уровень- допустимы й	2 уровень- низкий	3 уровень- средний	4 уровень- высокий	5 уровень- очень высокий
1	2	3	4	5	6
Кадмий	До ПДК	От ПДК до 3	От 3 до 5	От 5 до 20	Выше 20
Свинец	До ПДК	От ПДК до 125	125- 250	250-600	Выше 600
Ртуть	До ПДК	От ПДК до 3	3-5	5-10	Выше 10
Мышьяк	До ПДК	От ПДК до 20	20-30	30-50	Выше 50
Цинк	До ПДК	От ПДК до 500	500-1500	1500-3000	Выше 3000
Медь	До ПДК	От ПДК до 200	200-300	300-500	Выше 500
Кобальт	До ПДК	От ПДК до 50	50-150	150-300	Выше 300
Никель	До ПДК	От ПДК до 150	150-300	300-500	Выше 500
Молибден	До ПДК	От ПДК до 40	40-100	100-200	Выше 200
Олово	До ПДК	От ПДК до 20	20-50	50-300	Выше 300
Барий	До ПДК	От ПДК до 200	200-400	400-2000	Выше 2000
Хром	До ПДК	От ПДК до 250	250-500	500-800	Выше 800
Ванадий	До ПДК	От ПДК до 225	225-300	300-350	Выше 350
Фтор водно-	До ПДК	От ПДК до 15	15-25	25-50	Выше 50

растворимый					
Хлорсодержащие пестициды	До ПДК	От ПДК до 5	5-25	25-50	Выше 50
Хлорфенолы	До ПДК	От ПДК до 1	1-5	5-10	Выше 10
Фенолы	До ПДК	От ПДК до 1	1-5	5-10	Выше 10
Полихлорбифенилы	До ПДК	От ПДК до 2	2-5	5-10	Выше 10
Нефть и нефтепродукты	До ПДК	От ПДК до 1000	100-200	2000-3000	3000-5000
Бензапирен	До ПДК	От ПДК до 0,1	0,1-0,25	0,25-0,5	Выше 0,5
Сернистые соединения	До ПДК	От ПДК до 180	180-250	250-380	Выше 380
Толуол	До ПДК	От ПДК до 10	10-50	50-100	Выше 100
Альфа-метилстирол	До ПДК	От ПДК до 3	3-10	10-50	Выше 50
Ксилолы (орто-, мета-, пара-)	До ПДК	От ПДК до 3	3-30	30-100	Выше 100
Циклогексан	До ПДК	От ПДК до 6	6-30	30-60	Выше 60
Пиридины	До ПДК	От ПДК до 0,1	0,1-3	3-20	Выше 20

Размеры ущерба от загрязнения земель несанкционированными свалками определяются по формуле:

$$П = N_{п} * M * K_{э} * 5 * K_{в} * K_{инд},$$

где $N_{п}$ – норматив платы за захламление земель 1 т (m^3) отходов в руб.

M – масса, объем отходов (т, m^3)

$K_{э}$ – коэффициент экологической значимости почв (для Приморского края равен 1,1) (таблица 11)

$K_{в}$ – коэффициент пересчета времени по восстановлению земель от загрязнения (таблица 5)

$K_{инд}$ – коэффициент индексации: 2004 г. – 1,1 2007 г. – 1,4
2005 г. – 1,2 2008 г. – 1,48
2006 г. – 1,3 2009 г. – 1,62

Таблица 7 – Коэффициенты, учитывающие экологические факторы (состояние атмосферного воздуха и почвы) по территориям экономических районов РФ

Экономические районы Российской Федерации	Значение коэффициента	
	для атмосферного	для почвы**

	воздуха*	
Северный	1,4	1,4
Северо-Западный	1,5	1,3
Центральный	1,9	1,6
Волго-Вятский	1,1	1,5
Центрально-Черноземный	1,5	2
Поволжский	1,9	1,9
Северо-Кавказский	1,6	1,9
Уральский	2	1,7
Западно-Сибирский	1,2	1,2
Восточно-Сибирский	1,4	1,1
Дальневосточный	1	1,1
Калининградская область	1,5	1,3

* Применяется с дополнительным коэффициентом 1,2 при выбросе загрязняющих веществ в атмосферный воздух городов.

** Применяется при определении платы за размещение отходов производства и потребления.

* Нормативы платы за размещение отходов производства и потребления в пределах установленных лимитов применяются с использованием:

- коэффициента 0,3 при размещении отходов на специализированных полигонах и промышленных площадках, оборудованных в соответствии с установленными требованиями и расположенных в пределах промышленной зоны источника негативного воздействия;

- коэффициента 0 при размещении в соответствии с установленными требованиями отходов, подлежащих временному накоплению и фактически использованных (утилизированных) в течение 3 лет с момента размещения в собственном производстве в соответствии с технологическим регламентом или переданных для использования в течение этого срока (абзац в редакции,

введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410).

Таблица 8 – Нормативы платы за размещение отходов производства и потребления

Виды отходов (по классам опасности для окружающей среды)	Единицы измерения	Нормативный коэффициент платы, руб./т*
1. Отходы I класса опасности (чрезвычайно опасные)	т	1739,2
2. Отходы II класса опасности (высокоопасные)	т	754,4
3. Отходы III класса опасности(умеренно опасные)	т	497,0
4. Отходы IV класса опасности(малоопасные)	т	248,4
5. Отходы V класса опасности (практически неопасные):		
- добывающей промышленности	т	0,4
- перерабатывающей промышленности	т	15,0
- бытовые	т	8,0

Примечание: в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410.

Таблица 13 – Предельно допустимые концентрации химических элементов в почвах, мг/кг

Элемент, химическое вещество	Величина ПДК
Валовые формы	
Ванадий	150
Марганец	1500
Марганец + ванадий	1000+100
Мышьяк	2,0
Олово	4,5
Ртуть	2,1
Свинец	32
Сурьма	4,5
Хром (3-валентный)	90

Сера (сернистые соединения)	160
Сероводород	0,4
Нитраты	130
Водорастворимая форма	
Фтор	10
Подвижные формы	
Свинец	6
Никель	4
Хром	6
Медь	3
Цинк	23
Кобальт	5
Марганец: для черноземов для дерново-подзолистых почв	700
При pH=4,0	300
При pH=5,1-6,0	400
При pH=6,0	500

Пример расчета 2:

Определить размер ущерба от загрязнения земель при вывозе бытовых отходов на несанкционированную свалку. Объем отходов 1000 м³.

Размер ущерба рассчитывается по формуле:

$$П = Нп * М * Кэ * 5 * Кв * К_{инд}$$

$K_v = 5,6$ (продолжительность восстановления 10 лет)

$K_{инд} = 1,62$ (коэффициент индексации за 2009 год)

$$П = 8 * 1000 * 1,1 * 5 * 5,6 * 1,62 = 399168 \text{ руб.}$$

[13]

Полевой метод исследования культивируемых растительных сообществ(агрофитоценозов)

Агрофитоценоз — это сообщество культурных растений, возделываемых на полях, и сорных растений, произрастающих здесь же помимо воли человека (греч. «агро» — «поле», «фитоценоз» — «растительное сообщество»). Агрофитоценоз в каждом году представлен преимущественно одним видом растений или несколькими (6—10 видов) в случае возделывания кормовых культур.

В отличие от агрофитоценозов естественный фитоценоз представлен видами растений, естественно приспособленных друг к другу, и каждое такое сообщество отражает своеобразие данного местообитания, данного конкретного почвенного покрова. Поверхность последнего в течение всего вегетационного периода защищена растениями, которые сохраняют почву от действия солнечного излучения, ветра, проявления эрозионных процессов. Естественные фитоценозы более многообразны, чем агрофитоценозы. По данным В. В. Алехина, в фитоценозах Стрелецкой степи Курской обл. на 1 м² целинного чернозема обнаружено более 80 видов растений.

Растения, входящие в состав естественного сообщества, характеризуются многообразными связями как внутри фитоценозов, биоценозов, так и между последними и абиотической средой, что делает их более устойчивыми, чем растения в агрофитоценозах. Растения, входящие в состав естественного сообщества, хорошо уживаются, приспособляются к взаимному сосуществованию. Глубокоукореняющиеся виды растений произрастают рядом с мелкоукореняющимися; обогащающие почву азотом и органическим веществом — рядом с видами, потребляющими эти вещества; высокие — рядом с низкорослыми. Густота стояния растений и площадь покрытия растениями почвы максимально возможные, ярусное расположение видов растений в растительном

покрове и их корневых систем, а также вегетация на протяжении всего теплого периода времени года позволяют растениям максимально использовать поступающую солнечную энергию. При установившемся динамическом равновесии система почва — растения продуктивность почвы, измеряемая годовым приростом ее растительного покрова (биомассы), соответствует ее естественному плодородию.

Из таких растительных сообществ человек когда-то отобрал определенные виды дикорастущих растений и создал из них культурные. В агроэкосистемах большая часть культур однолетние, посевы которых ежегодно возобновляются, в силу чего экологические связи каждый раз нарушаются и создаются заново, что обостряет проблему их устойчивости. Поэтому агроэкосистемы нуждаются в специальных мерах по поддержанию их устойчивости и продуктивности. В агрофитоценозах, как правило, отсутствует ярусность и, за исключением посевов многолетних трав, почва до посева однолетних культур и после уборки их урожая не используется, что может в отдельных районах составлять до 40% теплого вегетационного периода года. Культурные растения предъявляют высокие требования к почвам. Свойства целинных почв не в полной мере соответствуют потребностям культурных растений. Даже самые лучшие по многим агрономическим показателям черноземы не могут в полной мере удовлетворять культурные растения в воде и питательных элементах. Необходимо проводить комплекс специальных агротехнических мероприятий по повышению искусственного и эффективного плодородия почвы, чтобы привести их в соответствие с требованиями культурных растений.

В условиях проявления малого биологического круговорота веществ в естественном фитоценозе все элементы минерального питания и образующаяся биомасса растений остаются в пределах БГЦ, за исключением той части, которая вовлекается в большой геологический круговорот веществ. При возделывании культурных растений чаще всего создается большая биомасса растений, значительная часть которой выносится за пределы поля с урожаем, а

вместе с ней и многие химические элементы Сельскохозяйственные растения в сильной степени различаются по биологической продуктивности. В ряде случаев выращиваются малопродуктивные по биомассе культуры, продукция которых необходима человеку, например лен.

Все основные химические элементы организмов обычно циркулируют в биогеоценозе по характерным путям из внешней среды в организмы и опять во внешнюю среду. Участвуя в круговороте, некоторые элементы и вещества могут из него выбывать. Это в значительной степени зависит от относительной подвижности каждого отдельного химического элемента. Так, кальций и азот очень подвижны и могут легко выноситься из биологического круговорота веществ. Однако кальций прочнее удерживается в почве, чем азот. Сама растительность служит мощным регулятором удержания различных элементов в круговороте веществ.[1,9,13]

Классификация агрофитоценозов

В классификации агрофитоценозов учитываются состав и структурные особенности агрофитоценозов, экология, биологи и биоморфный состав видов культурных и сорных растений взаимосвязи растений друг с другом и со средой, значение в формировании полевой растительности антропогенного фактора. Последнее придает классификации некоторую специфику в сравнении с фитоценологической классификацией природной, растительности. Выделяемая группа агроассоциаций, по существу является экологической группой ассоциаций, в которой при доминировании одной и той же культуры участие сопутствующих экобиоморф сорных видов индицирует особенности почвенных условий, свидетельствующих о необходимости определенного комплекса агротехнических мероприятий.

Пример:

Группа агроассоциаций ржи озимой с участием корневищных мезофильных

сорных растений включает агроассоциации

Secale cereale + *Elytrigia repens* и *Secale cereale* + *Equisetum arvense*.

Группа агроассоциаций ржи озимой с участием корнеотпрысковых сорных растений включает агроассоциации

Secale cereale + *Cirsium arvense* и *Secale cereale* + *Convolvulus arvensis*.

Группа агроассоциаций ржи озимой с участием мезофильных дерновых сорных растений включает агроассоциации

Secale cereale — *Apera spica-venti* и *Secale cereale*—*Poa annua*.

Группа агроассоциаций ржи озимой с участием гидромезофильных сорных растений включает агроассоциации

Secale cereale + *Juncus bulbosus* и *Secale cereale* + *Ranunculus repens*.

При установлении групп агроформаций большое значение придается биоморфологическим особенностям культурных растений, учет которых необходим при создании сложных агрофитоценозов в пространстве и во времени.

Примеры:

Группа агроформаций крупнозлаковых культур объединяет формации ржи озимой (*Secaleta cerealis*), пшеницы мягкой (*Triticeta aestivi*), пшеницы твердой (*Triticeta duri*), сорго (*Sorgeta*) и др.

Группа агроформаций умеренно крупнозлаковых культур объединяет агроформаций ячменя (*Hordeta vulgaris*), проса (*Paniceta miliacei*), овса (*Avcneta sativae*) и др.

Группа агроформаций крупноразнотравных культур объединяет агроформации подсолнечника (*Helianthemeta maji*), конопли (*Cannabieta sativae*), хлопчатника (*Gossipieta glabrae*) и др.

Группа агроформаций умеренно крупнотравных культур объединяет агроформаций гречихи посевной (*Fagopyreta esculenti*), льна-долгунца (*Lineta usitatissimi*) и др.

Группа агроформаций низкотравных культур объединяет формации сахарной свеклы (*Beta vulgaris*), капусты (*Brassica*) и др.

Установление классов агроформаций по биологическим признакам доминантов культурных растений удобно в том отношении, что эти единицы близки к производственным группам, определяющим направление сельскохозяйственного производства колхоза или совхоза. Это облегчает классификацию полевой растительности в пределах конкретной территории.

Полевая растительность рассматривается как особый тип травянистой, ежегодно возделываемой, в основе мезофильной растительности, обязанной

своим становлением, существованием и развитием постоянной регулирующей деятельности человека, с характерной только для нее особой категорией почв, в разной мере окультуренных человеком, и имеющей ландшафтообразующее значение.

Для полевой растительности как элемента культурного ландшафта характерны особый ход обмена веществом и энергией, определенные географические закономерности изменения продуктивности. Полевая растительность оказывает существенное влияние на окружающие ландшафты.

Культивируемые на полях многолетние травы в силу особенностей их возделывания и укороченного периода существования относятся к промежуточным между типичной полевой растительностью и луговой. Биологически их сообщества представляют собой варианты кратковременных лугов.

Кроме отмеченных возможно различать следующие подразделения при классификации агрофитоценозов.

1. В пределах агроассоциаций — субассоциации в случаях, когда изменение какого-либо экологического фактора (увеличение освещенности или, например, азота в почве и др.) приводит к возрастанию жизненности растений (например, сорных видов), внешне резко отличающихся от таковых в других сообществах той же агроассоциаций. Такие внешние различия в состоянии растений нередко наблюдаются в агрофитоценозах одной и той же агроассоциаций также в связи с разными способами посева культур (рядовой, перекрестный, шахматно-гнездовой и др.) и разной численностью особей культивируемых растений на единицу площади.

В пределах формаций — субформации по господствующему сорту культурных растений.

В любом таксоне два варианта: а) гликофильный и б) галофильный. Преобладающее большинство культурных растений относится к гликофильным, однако ряд культур определенно тяготеет к галофильным растениям (например, солевыносливые сорта риса, люцерны, прутняк и др.).

Описанные классификационные схемы следует рассматривать как первые попытки систематизации агрофитоценозов в целях более глубокого их изучения, лучшего регулирования и изыскания для них оптимальных структур. [1,7, 13]

Методика описания агрофитоценозов

Исследования полевой растительности, как и естественной, может проводиться в трех основных направлениях: маршрутном, полустационарном и стационарном, с применением методик, принятых в геоботанических исследованиях (с некоторыми изменениями).

Детальным исследованиям агрофитоценоза предшествуют рекогносцировочные для получения общего представления о закономерностях развития культивируемой растительности и выявления типичных участков для последующего детального их изучения. Они производятся путем заложения сети ходов с расчетом охвата возможно большего разнообразия местообитаний с учетом всех местных условий. В результате составляется план дальнейшего исследования территории.

Детальные маршрутные исследования имеют целью получение детальных характеристик агрофитоценоза. Для этого используются различные геоботанические методики. Степень детальности зависит от задач исследования.

Полустационарные исследования проводятся на меньшей территории и преследуют цель всестороннего изучения растительности и крупномасштабного картирования агрофитоценозов.

Стационарные исследования (чаще многолетние) проводятся среди производственных посевов или на специально организованных территориях. В этих условиях изучают флористический состав, структуру агрофитоценозов, их динамику, биологию и экологию отдельных видов растений, их

взаимодействия друг с другом и с окружающей средой. Именно в этих условиях возможен эксперимент.

Сорные растения следует рассматривать как компоненты агрофитоценоза и как индикаторы тех или иных почвенных и фитоценологических условий, а также как показатели наличия в сообществе свободных экологических ниш.

Общие закономерности размещения агрофитоценозов устанавливаются при рекогносцировке. Границы уточняют с помощью экологических рядов и трансектов. Описание производят по форме (ф № 2).

При определении **названия агрофитоценоза** учитывают не только культурное растение, но и наиболее характерные, индицирующие условия среды виды сорных растений.

Например: рожь + василек синий.

Почвенные условия характеризуют по разрезу, который выкапывается на пробной площади или делают прикопку (см. Приложение 1).

К числу важных характеристик агрофитоценоза относят **покрытие**, под которым понимается проекция растений на почву.

Различают:

а) **общее покрытие** – горизонтальную проекцию надземных частей растений на почву. Его, возможно, определить лишь до выхода растений первой величины в генеративную фазу. В таких случаях степень участия видов и биологических групп в травостое необходимо оценивать по биомассе или количеству побегов на единицу площади;

б) **истинное покрытие** – проекция оснований растений или дернин на почву. Для определения этого показателя можно применить две учетные вилки (25x25), изготовленные из негнущейся проволоки. В результате пересечения зубцов вилок образуются квадраты 5x5см, после чего можно легко перенести растения на план и определить занимаемую ими площадь. Кроме того, при этом можно не срезать растения. Иногда на площади 0,25м³ на высоте 3-4см срезают все растения. Иногда на площади 0,25см (размер

ячеек 10x10см), затем растения расположенные под сеткой в масштабе переносят на миллиметровую бумагу;

в) **проективное обилие** – проекция наземных частей растений отдельных видов на почву;

г) **ярусное покрытие** – степень покрытия нижних ярусов верхними.

По А.И. Мальцеву в посевах культурных растений различают следующие три яруса:

1 или **верхний**, состоящий из растений, превышающих культуру;

2 или **средний** – сорняки, достигающие высоты культуры;

3 или **нижний** – сорняки, развивающиеся в самом низу, у поверхности почвы.

Важно при этом оценить жизненное состояние растений, достижение ими фитоценотического оптимума. Зарисовку наземной ярусности производят на миллиметровой бумаге, используя специальную раму (100x180см) с натянутой на нее сеткой из шнура с ячейками 10x10см. Со стороны зарисовки травостой примают или скашивают. Зарисовку можно заменить фотографированием.

Оценка **обилия видов** производится по шкале Друде. Сопоставляя разные методы определения обилия, исследователь может объективно дать оценку степени участия каждого вида в растительном сообществе.

Таблица 1 - Шкалы обилия видов растений

Баллы	По Друде (1900)	По В.Н. Сукачеву(1957)	По Н.Ф. Комарову (1934)	
			Шт./ед. площади	балл
6	Socialis (Soc)	Растения сплошь покрывают пробную площадь, смыкаясь надземными частями	Более 100 на 1м ²	1
5	Copiosus (Cop ³)	Растения встречаются обильно, но смыкания нет	От 100 до 10 на 1м ²	2
4	Copiosus (Cop ²)	Растения встречаются обильно	Не более 10 на 1м ²	3

3	Copiosus (Cop ¹)	Растения встречаются довольно обильно	20-40 на 100м ²	4
2	Sparsus (Sp)	Растения встречаются рассеянно в небольшом количестве	Не более 10 на 100м ²	5
1	Solitarius (Sol) Unicus (Un)	Растения встречаются единично Растение на пробной площади находится в единственном экземпляре	10-100 на 1га	6

Таблица 2 - Перечень всех видов

№	Название растений и их групп	Высота, см	Фенофаза	Обилие по Друде	Покрытие, %	Жизненность
---	------------------------------	------------	----------	-----------------	-------------	-------------

Плотность агрофитоценоза определяют путем подсчета всех стеблей на площадке 0,25м² (50x50) в пятикратной повторности (четыре по углам площадки, один в середине). Результаты записывают по форме:

Таблица 3 – Определение плотности агрофитоценоза

№	Название растений и их группы	Количество побегов на площадках					Среднее количество побегов	
		№1	№2	№3	№4	№5	на 1м ²	на 1га

Среди сорных растений по видам учитывают лишь наиболее многочисленные и распространенные, остальные нужно объединить в группы.

После учета плотности агрофитоценоза на тех же площадках учитывают надземную биомассу. Для этого на уровне поверхности почвы срезают весь травостой, разбирают его по видам или фракциям и взвешивают в сыром, а затем в высушенном виде. Результаты записывают по форме:

Таблица 4 – Учет надземной биомассы агрофитоценоза

№	Название растений и их группы	Сухая биомасса на площадках					Средн. биомасса	
		№1	№2	№3	№4	№5	на 1м ²	на 1га

Срезанные растения можно использовать для учета вертикального распределения надземной биомассы. Для этого срезанную массу растений разрезают через 20см, разбирают и взвешивают. Данные целесообразно представить графически. Отношение массы сорных растений к массе всех растений на учетной площадке даст процент засоренности.

Жизненность растений. Основными параметрами жизненности растений являются: длина побегов, размеры и количество соцветий, характер ветвления, размеры и количество листьев, количество и масса плодов (семян), масса всего растения, интенсивность окраски листьев и др. У культивируемых растений учитывается количество подгона, размеры соцветия и т.п.

Для сорных растений жизненность целесообразно обозначать при помощи символов, принятых в геоботанике:

- - растения только вегетируют; могут быть небольшие бутоны;
- (- растения начинают зацветать;
- o - растения в полном цвету;
- *- растения заканчивают цветение;
- + - растения отцвели, но семена не созрели, не осыпаются
- x - семена созрели и осыпаются;

= - вегетация после рассеивания семян.

Образцы растений отбирают в количестве 25-100 особей, через 2-3м, проходя сообщество по диагонали. Растение берут из междурядий.

При оценке жизненности в культивируемой растительности удобнее пользоваться трехбалльной шкалой, согласно которой балл «3» означает, что растения проходят жизненный цикл нормально, урожай высокий; балл «2» - генеративное развитие растений подавлено; балл «1» - растения не только не плодоносят, но и вегетативные их побеги угнетены, растения не оправдывают затрат на их возделывание.

Встречаемость видов в сообществе определяют, пользуясь методом Раункиера. Для этого в пределах агрофитоценоза закладывают 25 площадок размером 50х50см. эти площадки закладывают по диагонали или вразброс. Запись ведут по форме:

Таблица 5 – Учет встречаемости видов агрофитоценоза

№	Название растений	Оценка обилия. № площадок										% встречаемости
		1	2	3	4	5	6	7	...	24	25	

Отмечается **окружение агрофитоценоза** и переходы его в смежные сообщества.

Необходимо обязательно выяснить историю поля (возраст, севооборот, обработка почвы, виды и дозы удобрений, сроки и меры борьбы с сорняками, вредителями и т.д.).

В приложении указывают, какие образцы были отобраны, их количество, виды количественных учетов. [7,13]

Форма описания почвенного разреза[6]

1. Район _____
 2. Населенный пункт _____
 3. Хозяйство _____
 4. Пункт привязки _____
 5. Общий характер рельефа _____
 6. Элемент рельефа _____
 7. Микрорельеф _____
 8. Экспозиция и крутизна склона _____
 9. Угодье и его состояние _____
-
10. Растительность и его состояние (название, фаза развития, густота, высота)

-
11. Засоренность _____
-

Таблица 6 - Описание морфологических признаков почвенного разреза

Зарисовка почвенного профиля	Обозначение горизонтов	Мощность, см	Окраска	Механический состав	Структура	Сложение		Новообразования	Включения
						Плотность	Порозность		

Конкурентоспособность растений в агрофитоценозах

В растительных сообществах различные виды растений вступают между собой в сложные взаимоотношения.

В полевых фитоценозах доминируют внутривидовые отношения, хотя за этим утверждением кроется элемент условности, особенно если принять во внимание почву как биологическую среду, где обитают мириады простейших организмов, с которыми растения вступают в контакт или непосредственный (например, симбиоз), или через продукты их жизнедеятельности. И в тех и в других случаях в основе лежат материально-энергетический обмен, а, следовательно, налицо взаимная связь и связь с окружающей средой. Не так уж редко встречаются и смешанные посевы, особенно с бобовыми компонентами.

Важнейшими компонентами агрофитоценоза являются сорные растения, которые являются спутниками агрорастительности. Сорняки, губящие подчас значительную долю урожая являются, однако, такими же закономерными участниками наших посевов, как многие другие так называемые спутники в естественных растительных сообществах.

Между культурным и сорным компонентом полевых сообществ, как и между составляющими их отдельными видами растений, формируются и устанавливаются определённые взаимоотношения – один из факторов, обуславливающих состояние и продуктивность полевых культур.

В целях борьбы с сорняками в практике сельскохозяйственного производства широко применяются гербициды, которые отрицательно влияют на состояние окружающей среды. В связи с этим возникает необходимость поиска и разработки альтернативных направлений в системе борьбы с сорной растительностью.

Одним из таких альтернативных направлений в борьбе с сорной растительностью является приём, связанный с их подавлением другими видами растений при конструировании агрофитоценозов.

В основе высоких урожаев лежат, два основных момента:

- 1) большое количество растений на единице площади
- 2) хорошее развитие каждого растения

Существенно повысить урожайность и качество зерна можно с помощью простых агротехнических приёмов – оптимальных сроков сева и норм высева.

На загущённых посевах качество зерна так же снижается из-за недостатка питания растений, но увеличение площади питания их положительно сказывается на качестве продукта. Однако слишком изреженные посевы сильнее страдают от сорняков, вредителей, не всегда дают нормальный колос и зерно.

Оптимальные сроки посева и норма высева – важнейшие предпосылки получения качественных урожаев.

К показателям, позволяющим оценивать конкурентные отношения относятся конкурентоспособность растения или вида.

Конкурентная способность растения определяется способностью более полно, чем другие виды, использовать среду (перехватывать больше света, поглощать больше воды и элементов минерального питания и др.); способностью более эффективно использовать энергоресурсы (затрата соответствует на единицу продукции); устойчивостью к внешним условиям и неблагоприятным факторам.

Конкурентные преимущества вида проявляются лишь по отношению к определенным партнерам и лишь в определенных условиях среды. Чем ближе условия среды к экологическому оптимуму вида, тем больше он способен подавлять своих партнеров, то есть более конкурентоспособен.

При этом необходимо отметить, что конкурентоспособность в числе прочих составляющих обнаруживает конкурентную мощь, т.е.

способность сдерживать и подавлять конкурентов перехватом ресурсов, и конкурентную толерантность, т.е. способность существовать в условиях конкуренции. Конкурентная толерантность как раз может выступать в роли механизма, препятствующего снижению продуктивности слабых конкурентов в смеси с более сильными.

Успеху в конкурентной борьбе способствуют самые разнообразные свойства растений. Большое значение в борьбе за пространство имеет энергия роста и вегетативного разрастания, что связано с интенсивностью фотосинтеза и интенсивностью поглощения минеральных веществ из почвы. В ряде случаев, вероятно, имеют значение и аллелопатические взаимодействия, хотя они и не играют сколько-нибудь универсальной роли. Воздействие опада также может исключать или подавлять ряд потенциальных конкурентов.

При создании полевых фитоценозов необходимо учитывать влияния сорной растительности на рост, развитие и урожайность районированных и перспективных сортов пшеницы яровой, и влияние пшеницы на сорный компонент в создаваемых агрофитоценозах. Изучение этих вопросов является предпосылкой снижения применения гербицидов.

Умелая регуляция и оптимизация процессов, протекающих в агрофитоценозах, - необходимое условие получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур и улучшение качества продуктов растениеводства (Уразаев, 1996).

Методика определения конкурентоспособности растений в полевых агрофитоценозах

При оценке конкурентоспособности и механизмов взаимоотношений необходимо учитывать возраст и фазу развития растений, их качественное состояние на каждом этапе онтогенеза (развитие особи).

Конкурентоспособность козлятника восточного, свербиги восточной, горца забайкальского по отношению к кострецу безостому и пшеницы к сорному компоненту определяется по следующим методикам:

1. Конкурентоспособность общая:

$$K = U_{зсс}/U_{зсч};$$

Где: К – конкурентоспособность общая;

$U_{зсс}$ – урожай зерна и соломы в варианте с сорняками (или густота травостоя в смешанных посевах);

$U_{зсч}$ – урожай зерна и соломы на делянке чистой от сорняков (или густота травостоя в одновидовых посевах).

2. Конкурентоспособность продуктивная:

$$K = U_{зс}/U_{зч};$$

Где: К – конкурентоспособность продуктивная;

$U_{зс}$ – урожай зерна в варианте с сорняками (или зеленая масса растений в смешанных посевах);

$U_{зч}$ – урожай зерна на делянке без сорняков (или зеленая масса растений в одновидовых посевах).

Продуктивная конкурентоспособность показывает, как урожайность культурного компонента изменяется при воздействии на него сорного компонента. При этом если урожайность одной культуры выше по сравнению с другой, при одинаково воздействии на них сорняков, то такая культура обладает большей продуктивной конкурентоспособностью.

3. Конкурентоспособность сорняков по отношению к пшенице:

$$K = B_{сп}/B_c;$$

Где: K – конкурентоспособность сорняков по отношению к пшенице;

$B_{сп}$ – сухая биомасса сорняков на делянке с пшеницей;

B_c – сухая биомасса сорняков на делянке без пшеницы. [1,13]

Основные принципы регуляции и оптимизации агробиогеоценозов. Методика расчета биологической продуктивности АЭС (ФП, ЧПФ)

Для оценки сравнительной продуктивности растений проводится определение величины ассимиляционного аппарата. Площадь листьев и их влияние на интенсивность фотосинтеза обуславливает скорость формирования и величину урожая растений. Определение площади листьев проводится по методике, разработанной А.А. Ничипоровичем (1982).

Чтобы определить площадь листьев, следует отобрать 5-10 растений с делянки. Растения взвешиваются, затем листья с растений обрываются и снова взвешиваются, одновременно на 50 из них сверлом определенного диаметра делаются высечки. Зная массу и площадь высечки, а также общую массу листьев, определяют общую площадь листьев (L , $см^2$) по формуле:

$$L = \frac{P \times S_1 \times n}{P_1 \times m}$$

где: S_1 - площадь одной высечки, $см^2$; n - число высечек, шт;

P - общая масса листьев, г;

P_1 - масса высечек, г;

m - число растений.

Для определения фотосинтетического потенциала следует использовать методику И.С. Шатилова (1967) и М.К. Каюмова (1989). Фотосинтетический

потенциал рассчитывается по нарастанию площади листьев (Л), по периодам их функционирования (Т).

$$\Phi\Pi = \frac{(L_1 + L_2) \times T_1 + (L_2 + L_3) \times T_2}{2}$$

где: L_1 и L_2 - сумма площадей листьев по периодам, тыс. м²/га;

T_1 и T_2 продолжительность «работы» листьев, дней.

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) выражается в г сухой биомассы, которую накапливает 1 м² посевов за сутки (г/м²/сутки) и рассчитывается по формуле:

$$\text{ЧПФ} = \frac{U_{\text{сух.вещ}} - va}{\Phi\Pi}$$

Урожайность определяется методом сплошного учета зеленой массы с 1 м² с последующим пересчетом на сухое вещество.

Чтобы определить содержание влаги, проводят отбор растительных образцов. Растительные образцы помещают в бюксы и ставят в сушильный шкаф. После высушивания определяется вес, испарившейся влаги и процентное её содержание в зеленой массе. [13]

(Вес испарившейся влаги • 100 %) : вес зеленой массы в бюксе = (30 • 100) : 70 = 42,8 %.

Вес зеленой массы на 1 м² - 1100 г, содержание влаги - 42,8 %. Вес сухого вещества на 1 м² вычисляется:

Вес сухого вещества = (1100 ■ 42,8 %) : 100 = 470,8 г.

Пример:

Таблица 1 – Методика определения площади листьев

Культура	Число растений	Масса листьев, г	Число высечек	Масса высечек, г	Площадь высечки	Площадь листьев 1 растения, см ²
Кукуруза	10	380	50	2,2	2	1727,3

Лабильное органическое вещество почвы: номенклатурная схема, методы изучения и агроэкологические функции

Органическому веществу почвы всегда отводилось центральное место в решении проблемы повышения продуктивности агрофитоценозов. И это не случайно, поскольку широкий спектр режимов и свойств почвы прямо или косвенно определяется его состоянием.

Общепризнанна роль органического вещества в формировании почвенного плодородия, снабжении энергетическим материалом микробиоты, снижении токсических последствий химического загрязнения почв, повышении устойчивости земледелия при неблагоприятных погодных условиях. Качественная сторона этой проблемы в общих чертах хорошо известна. Что же касается количественных оценок, то здесь картина менее ясная. Необходимо признать, что широко используемая система показателей гумусового состояния почв (Орлов Д.С., Гришина Л.А.) хотя и дает возможность всесторонне охарактеризовать особенности их органической части в генетическом аспекте, однако не позволяет идентифицировать агрономическую ценность её различных компонентов. Поэтому, как считает ряд исследователей (Кирюшин В.И., Орлов Д.С., Тейт Р.Л.), наиболее целесообразным подходом к решению этой проблемы будет разделение всех органических соединений почвы на 2 большие группы: группу консервативных, устойчивых веществ и группу лабильных соединений.

Первая группа объединяет органические вещества, характеризующие типовые признаки почв. Они формируются в течение длительного времени и сохраняются в вековых циклах, с их содержанием и составом связаны многие фундаментальные свойства почвы. Все эти вещества участвуют в питании растений в незначительной степени, но создают для этого благоприятную среду. Количественная оценка вклада консервативных гумусовых веществ в

формирование уровня почвенного плодородия весьма проблематична и не всегда однозначна.

Вещества, относимые ко второй группе, принимают непосредственное участие в питании растений, формируют водопрочную структуру, служат энергетическим материалом для микроорганизмов и выполняют защитную функцию в отношении консервативного органического вещества. Их роль в агрономическом отношении проявляется более отчетливо. В частности, дефицит лабильных форм органического вещества определяет состояние так называемой «выпаханности» почв, т.е. ухудшение их питательного режима и структурного состояния (Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С. и др.).

К настоящему времени накоплен довольно большой фактический материал, разносторонне характеризующий консервативную часть органического вещества почвы.

К лабильным веществам относят неспецифические соединения, такие как полипептиды, некоторые углеводы, простые кислоты, липиды, хлорофилл и различные пигменты (Орлов Д.С.). Кроме этого, наряду с неспецифическими соединениями в состав лабильного органического вещества включаются новообразованные гумусовые вещества, а также гуминовые и фульвкислоты, прочно связанные с минеральной частью почвы (Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С., Когут Б.М., Булкина Л.Ю., Мамонтов В.Г., Донюшкина Е.В., Кончиц В.А.). Для этой группы веществ используют термины «подвижный гумус», «лабильный гумус», «подвижное органическое вещество» и другие наименования.

Лабильное органическое вещество состоит из органических остатков растительного и животного происхождения, детрита и органических удобрений. Эту совокупность веществ называют также «легкоразлагаемое органическое вещество» и «легкогидролизуемое органическое вещество». [13]

Общая схема формирования лабильного органического вещества почвы

Лабильное органическое вещество представляет собой наиболее изменчивую и динамичную часть органического вещества почвы, формирующуюся под воздействием природных и антропогенных факторов (рис. 1). Влияние природных факторов проявляется через свойства почвы, особенности тепло - и влагообеспеченности, что в совокупности определяет условия развития и функционирования живых организмов, являющихся прямым источником лабильного органического вещества почвы. Роль антропогенного фактора проявляется через характер использования пахотных угодий (виды и дозы удобрений, севооборот, обработка, мелиорация и т.д.). Очевидно, что наименее благоприятные условия для накопления лабильного органического вещества в почве создаются при экстенсивном использовании пашни.

В составе лабильного органического вещества (ЛАБОВ) целесообразно выделять 2 группы веществ, существенно различающихся между собой содержанием, составом, свойствами, способами экстрагирования и агроэкологическими функциями. Одна группа представляет собой легкоразлагаемое органическое вещество (ЛОВ), вторая - подвижное органическое вещество (ПОВ)

Легкоразлагаемое органическое вещество включает в себя растительный опад, детрит, остатки почвенных животных и микроорганизмов, органические удобрения.

В агроценозах растительный опад состоит из свежих прижизненных и послеуборочных растительных остатков. Масштабы их поступления в почву варьируют в широких пределах - от 1,0 до 10,0 т/га - в зависимости от культуры и технологии возделывания (Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С. и др.). В результате последующей частичной трансформации свежих растительных остатков формируется детрит, в составе которого, по видимому,

увеличивается доля устойчивых к разложению компонентов, типа целлюлозы и лигнина.

Основными видами органических удобрений, поступающих в пахотные почвы, являются навоз на различной основе (солома, торф, опилки), торф, бесподстилочный навоз, сидераты, разнообразные компосты. Ежегодно накапливаемые запасы органических удобрений в среднем составляют около 4 т сырого вещества на 1 га пашни. Между тем среднегодовые рекомендуемые нормы внесения колеблются в пределах 8-20 т/га в полевых и кормовых севооборотах и 30-40 т/га в овощных (Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С. и др.).

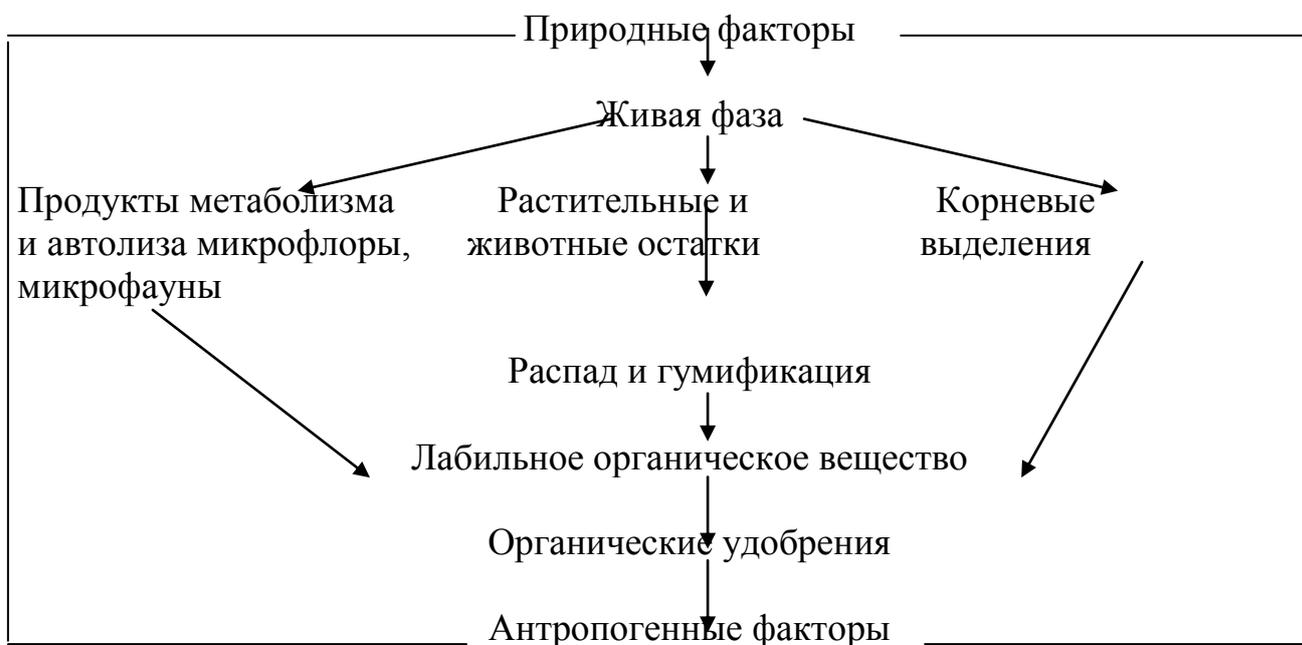


Рис. 1. Схема формирования лабильного органического вещества почвы

Большие трудности возникают при оценке биомассы микрофлоры и почвенной фауны, которые представляют собой небольшую, но весьма значимую часть органического вещества почвы (Тейт Р.Л.). Почвенная биота не только минерализует органическую биомассу, высвобождая элементы питания растений, но и сама является существенным резервуаром питательных веществ.

Например, в биомассе микроорганизмов поверхностного слоя почвы толщиной 12,5 см может содержаться в расчете на 1 га до 108 кг азота 83 кг фосфора, 70 кг калия и 11 кг кальция (Anderson J.P.E., Domsch K.H.).

Учитывая большую скорость разложения микроорганизмов и несколько их генерации за вегетационный период, допускается, что общая биомасса микроорганизмов в почве может достигать 1/3 от поступающих в почву растительных остатков.

Количество органических остатков почвенной фауны, поступающих в почву, варьирует от 100-200 кг сухого вещества на 1 га до 1,5 т/га (Туев НА.). Однако эти данные следует рассматривать лишь как ориентировочные.

Таким образом, главным источником легкоразлагаемого органического вещества в пахотных почвах являются прижизненные и пожнивные растительные остатки, а также органические удобрения. Из них же образуется и большинство остальных форм лабильного органического вещества почвы.

Подвижное органическое вещество состоит из разнообразных органических соединений, являющихся продуктами биохимических процессов, протекающих в почве. Сюда относятся: неспецифические органические вещества, корневые выделения, продукты автолиза и метаболизма почвенной микрофлоры и микрофауны, прогуминовые вещества, новообразованные гумусовые соединения, гумусовые кислоты, непрочные связанные с минеральной частью почвы.

Неспецифические органические вещества представляют собой обширную группу, соединений исходных органических (в первую очередь растительных) остатков и промежуточных продуктов от их трансформации. Сюда входят белки, полинуклеотиды, углеводы, нуклеиновые кислоты, аминокислоты и другие компоненты. Содержание этих веществ в составе гумуса варьирует от 6 до 21 %, в торфе - от 36 до 85 %, в навозе - от 55 -80 % (Александрова Л.А.). Хотя надо признать, что в целом данная группа веществ изучена еще недостаточно, особенно это касается количественных показателей.

С промежуточными продуктами распада органических остатков во многом сходны прогуминовые вещества. Они хотя и выделяются в некоторых классификационных схемах, однако достоверные сведения об их содержании, составе и свойствах отсутствуют, так же как и не разработана методика их экстрагирования в чистом виде. Выделять их в самостоятельную группу следует, по-видимому, с большой долей условности.

Среди лабильных органических соединений почвы особое место занимают вещества, являющиеся метаболитами живых организмов и продуктами автолиза клеток микрофлоры. Несмотря на реальность существования, эта группа веществ практически не изучена и остается за рамками исследований в области органического вещества почвы, что во многом объясняется методическими трудностями, которые возникают при решении этой проблемы.

Номенклатурная схема лабильного органического вещества почвы

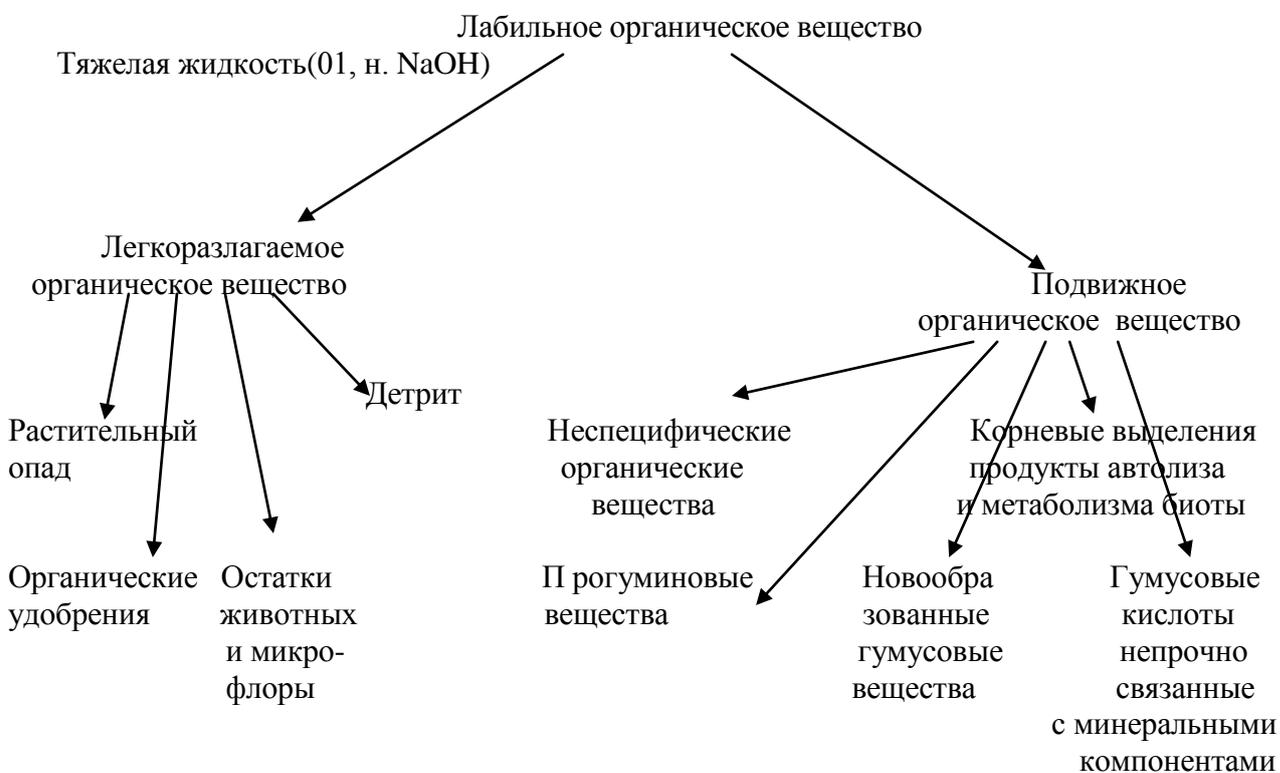


Рис. Номенклатурная схема подразделения лабильного органического вещества почвы

Между тем, некоторые исследователи считают, что, например, в образовании гумуса чернозёмов весьма значительная, а может быть, определяющая роль принадлежит прижизненным корневым выделениям степных трав. Корни выделяют органические кислоты, аминокислоты, сахара, ферменты, витамины и другие органические вещества. Общее количество корневых выделений за период вегетации, по их мнению, достигает 10 % и более растительной массы (Пономарева В.В., Плотникова Т.А.).

Как отмечает С.А. Самцевич, роль корневых выделений обсуждается предпочтительно с точки зрения питания совместно произрастающих растений и микроорганизмов. Между тем корневые выделения должны играть большую роль и в почвообразовании, в частности в накоплении свежего активного гумуса. В подтверждение этого автор приводит данные, согласно которым растения озимой пшеницы выделяют через корни в почву за вегетационный период более 7,0 т сухого вещества на 1 га, ячменя - около 2,5 т/га, а кукурузы - 12,5 т/га. Конечно, здесь требуются широкие экспериментальные исследования, которые могли бы подтвердить или опровергнуть эти данные. Однако, по-видимому, необходимо признать, что продукты метаболизма растений и микроорганизмов являются немаловажной составной частью лабильного органического вещества почвы.

Новообразованные гумусовые вещества представляют собой группу соединений, ежегодно формирующихся при гумификации органических остатков. Для них характерны большие молекулярные массы и высокая степень гетерогенности. Новообразованные гумусовые кислоты всегда более высокомолекулярны, чем гуминовые кислоты, выделяемые из почвы, они содержат больше азота, особенно гидролизуемого, метоксильных групп и меньше ароматических компонентов и групп COOH (Александрова Л.А.).

Ежегодное новообразование гумусовых веществ заметно варьирует в зависимости от ряда причин. Здесь имеют значение количество растительных остатков, поступающих в почву, свойства последней, особенности агротехники,

система удобрений, напряженность микробиологических процессов и ряд других факторов. Считается, что в лучшем случае можно ожидать накопление гумуса в размере $1/3$ - $1/2$ исходной массы растительных остатков. В итоге после зерновых культур в среднем образуется 300-500 кг гумуса на 1 га, после многолетних трав - 600-700 кг/га. Несколько более высокие масштабы новообразования гумуса можно найти в работе Минеева В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т. По мнению авторов, ежегодное восполнение гумуса за счет корневых и пожнивных остатков составляет: для зерновых - 400-600 кг/га, пропашных - 200-300 кг/га и многолетних трав - 500-1000 кг/га.

В целом в почвах со стабилизировавшимся гумусовым состоянием и установившейся культурой земледелия новообразование гумуса, примерно, будет соответствовать его минерализационным потерям. При этом, по-видимому, не все количество новообразованных гумусовых веществ будет формировать фонд подвижного органического вещества. Как показано А.Д. Фокиным, продукты разложения включаются практически одновременно во все фракции почвенного гумуса, различающиеся по молекулярным массам, причем в количествах, приблизительно пропорциональных содержанию этих фракций. То есть сформированный почвенный гумус как бы регулирует свое не только количественное, но и качественное воспроизводство, действуя как своеобразная матрица. Из этого следует, что за счет новообразованного гумуса не только восполняется подвижное вещество, но также формируются и более устойчивые и менее доступные для почвенной биоты органоминеральные производные.

Гумусовые кислоты, прочно связанные с минеральной частью почвы, обычно выделяются в качестве самостоятельного компонента органического вещества при анализе фракционного состава гумуса и идентифицируются как фракция 1. Содержание их в почве варьирует в довольно широких пределах: в каштановых - 5-6 %, черноземах - 5-15 %, дерново - подзолистых – 20 - 40 % общего углерода почвы (Пономарева В.В., Плотникова Т.А.).

В пахотных почвах содержание непрочно связанных гумусовых веществ обусловлено не только их генетическими особенностями, но и существенно зависит от характера использования сельскохозяйственных угодий, особенно от применяемой системы удобрений.

Увеличение содержания гумусовых веществ, непрочно связанных с минеральной частью почвы может происходить двумя путями. В одном случае это осуществляется за счет новообразованных органических соединений, количество которых возрастает при оптимизации условий гумусообразования. Как правило, это происходит на фоне увеличения содержания общего гумуса почвы. В другом случае количество веществ фракции 1 возрастает за счет более прочно связанных фракций, удерживаемых обменным кальцием и глинистыми минералами. Такая ситуация наблюдается, как правило, при ухудшении гумусового состояния почв и снижении содержания общего гумуса.

Присутствующие в почве непрочно связанные гумусовые соединения должны в определенной мере отличаться от новообразованных составом и свойствами, поскольку в той или иной степени подвергались воздействию почвенной биоты. Однако их разделение для последующего исследования весьма проблематично, хотя количественная оценка возможна с помощью изотопных индикаторов.

Функции лабильного органического вещества

1. Продукционная. Реализуется эта функция в первую очередь благодаря тому, что лабильное органическое вещество (главным образом его легкоразлагаемые формы) является во многом легкодоступным и сбалансированным источником макро - и микроэлементов для сельскохозяйственных культур и микроорганизмов. Одновременно ЛАБОВ играет немаловажную роль в мобилизации многих биофильных элементов из трудно растворимых соединений почвы. В этом отношении его влияние может быть прямым или опосредствованным.

В первом случае благодаря комплексообразующей и растворяющей способности многих органических соединений, входящих в состав ЛАБОВ, про-

исходит извлечение биофильных элементов из трудно растворимых форм с образованием органоминеральных соединений. Эти соединения либо непосредственно используются растениями и биотой или же высвобождают удерживаемые элементы после минерализации. В другом случае роль ЛАБОВ заключается в активизации почвенной микрофлоры, которая осуществляет микробиологическую трансформацию инертных форм биофильных элементов в доступные.

Говоря о продукционной функции ЛАБОВ, необходимо отметить, что это не только важнейший источник элементов минерального питания растений. При его минерализации в приземный слой воздуха усиливается поступление CO_2 , необходимого для фотосинтеза. С точки зрения биопродуктивности агроценозов это имеет существенное значение, поскольку при оптимизации почвенных условий именно за счет дополнительного CO_2 из почвы может заметно возрасти урожайность сельскохозяйственных культур.

Таким образом, продукционная функция ЛАБОВ заключается в его способности оказывать как косвенное, так и прямое влияние на формирование урожая сельскохозяйственных культур. Поэтому не случайно во многих работах отмечается наличие высокой корреляционной зависимости между содержанием в почве ЛОВ или ПОВ и урожаем, причем эта зависимость более тесная, нежели между урожайностью и содержанием общего гумуса.

2. Агрофизическая. Эта функция обусловлена влиянием лабильного органического вещества на ряд параметров, характеризующих физическое состояние почвы. Многие компоненты ЛАБОВ являются довольно эффективными структурообразователями, благодаря чему играют важную роль в образовании агрономически ценных водопрочных агрегатов. Кроме того, накопление в почве растительных остатков и детрита сопровождается ее разрыхлением и увеличением влагоемкости. Все это в совокупности благоприятным образом отражается на водно - воздушном режиме почвы, а кроме того облегчает её механическую обработку и ограничивает возможности для проявления водной эрозии.

3. Биоэкологическая. Для почвенной биоты лабильное органическое вещество является главным источником энергии и питательных веществ, причем утилизация многих его компонентов протекает с минимальными энергетическими затратами. Помимо этого ЛАБОВ в известной мере создает для почвенной биоты определенную среду обитания, оказывая регулирующее воздействие на ряд экологических факторов (влажность, температура, ОВ - условия, интенсивность газообмена и т.д.). Особенно наглядно это проявляется в естественных ценозах или при мульчировании поверхности пашни. В большинстве пахотных почв в этом плане имеет место отчетливо выраженная микрозональность - более благоприятные условия для функционирования почвенной биоты будут приурочены к очагам, обогащенным органическими остатками.

Поэтому вполне закономерно существование тесной зависимости между биологической активностью почвы и содержанием в ней ЛАБОВ. При обеднении почвы лабильным органическим веществом и нивелировании его качественного состава снижается напряженность биологических процессов, уменьшается видовое разнообразие почвенной биоты и возникают экологические ниши, заполняющиеся патогенными организмами. Это негативным образом влияет на продуктивность агроценозов.

4. Защитная. С содержанием и качественным составом ЛАБОВ связана интенсивность минерализации консервативной части органического вещества. При недостатке ЛАБОВ, что типично для экстенсивного земледелия, деструкции подвергаются более устойчивые компоненты органической части почвы. Вследствие этого развивается биодегумификация, сопровождаемая широким спектром негативных явлений (снижение емкости обмена и буферное, обесструктуривание, переуплотнение и т.д.). Кроме того, различные компоненты лабильного органического вещества инактивируют разнообразные токсиканты неорганической и органической природы. За счет сорбции и связывания в комплексные соединения алюминия, марганца,

тяжелых металлов, пестицидов и других веществ ЛАБОВ препятствует накоплению их в почвенном растворе в избыточных количествах. В итоге предотвращается или ослабляется негативное влияние токсикантов на сельскохозяйственные культуры и почвенную биоту.

5. Физиологическая. Эта функция лабильного органического вещества изучена менее всего, как впрочем, и органического вещества в целом. Её, по-видимому, следует рассматривать с двух позиций.

С одной стороны, можно предполагать о наличии в составе ЛАБОВ физиологически активных веществ, обладающих по отношению к растениям и полезным микроорганизмам, стимулирующим началом, активизирующим их развитие. Не исключено, что в нем также содержится и вещества, подавляющие развитие патогенной микрофлоры.

С другой стороны, при определенных условиях в составе ЛАБОВ могут накапливаться в заметных количествах не стимуляторы роста, а фитотоксичные вещества (колины), являющиеся одним из факторов почвоутомления. Наиболее благоприятные условия для накопления колинов будут складываться при монокультуре или же при возделывании сходных по биологическим особенностям культур. Поэтому не исключено, что препараты ЛАБОВ могут быть использованы при проведении тестовых испытаний для установления степени токсичности почвы.

Итак, несомненно, лабильное органическое вещество играет важную роль в почвенном плодородии. [13]

Методика определения органического вещества

Важное значение имеет разработка приемов и способов регулирования не только количества ЛАБОВ в почве, но и его качественного состава применительно к конкретным производственным условиям. При этом регулирование режима лабильного органического вещества должно органично

вписываться в общий комплекс мероприятий, направленных на повышение продуктивности агрофитоценозов.

Органическое вещество бобовых, поступающее в почву, состоит из массы пожнивных и корневых остатков в слое 0...40 см и активного органического вещества, выпадающего из непосредственного учета (мелкие живые и отмершие корешки, клубеньки, корневые экссудаты и т.д.). Учет в этом случае ведут косвенно, вводят поправочные коэффициенты.

Первоначально учитывают корневую массу в слое почвы 0...20 и 20...40 см, отмывая корни от почвы на ситах с отверстиями 1,5...2,0 мм. Далее полученную учетную массу стерни и корней умножают на поправочный коэффициент. В итоге обеспечивается относительная полнота учета всей органической массы растений, поступающей в почву.

Ориентировочные поправочные коэффициенты на полновесность органической массы с учетом мощности корневых систем различных видов групп бобовых принимают следующее:

Многолетние бобовые травы.....	2,0;
Бобово-злаковые смеси с долей бобового компонента более 50%.....	1,8;
Люпин кормовой, сераделла, кормовые бобы (сено, зеленый корм, силос)...	1,6;
Зернобобовые.....	1,4;
Однолетние бобово - злаковые травы	1,3;
то же, с долей бобового компонента более 25...40 %	1,5

Задание: Изучить поступление свежего органического вещества при возделывании различных сельскохозяйственных культур.

Таблица – Количество свежего органического вещества, поступающего в почву при возделывании различных сельскохозяйственных культур

Культуры	Органическое вещество					
	Пожнивные остатки		Корневые остатки		Всего	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40

[13]

Биологический азот: проблема, величина, условия накопления, экологическое значение Теоретическое обоснование и методика определения

Азот, как известно, - основной элемент питания растений, поэтому вполне закономерно, что азотные удобрения относятся к базисным компонентам химизации земледелия. Однако при несбалансированности элементов питания, нарушении водного режима, недостаточной освещенности и других неблагоприятных условиях высокие дозы азотных удобрений могут привести к снижению почвенного плодородия и загрязнению продуктов питания нитратами.

В формировании экологически адаптированных систем земледелия большое значение придают биологическому азоту, вовлекаемому в сферу вещественно - энергетических преобразований в агроценозах посредством использования продукционных возможностей бобовых культур (главным образом многолетних трав). При расширенном воспроизводстве плодородия почв вся технология возделывания бобовых культур и система удобрения должны способствовать максимальной симбиотической фиксации азота атмосферы и благодаря этому обеспечивать увеличение урожайности без применения азотных удобрений.

Несоизмеримо большее значение для поддержания азотного баланса в почвах, азотного питания культурных растений, улучшение экологической среды имеет симбиотическая фиксация азота при культуре бобовых растений.

Д.Н. Прянишников придавал большое значение «биологическому» азоту, в частности симбиотически связанному бобовыми растениями, считая его главным ключом к разрешению азотной проблемы для зерновых хлебов. Расчеты на то, что потребность культурных растений в азоте может быть когда-либо удовлетворительна только за счет «технического» азота, Д.Н. Прянишников считал «агрономической наивностью».

Азотфиксирующие микроорганизмы находятся в симбиозе (сожительстве) с высшим растением. В полевой культуре этим феноменом обладают культуры семейства бобовых.

Бобово - ризобиальный симбиоз - это, по существу, инфекция бобовых растений бактериями рода *Rhizobium*. Клубеньковые бактерии, живущие в почве, через корневые волоски проникают в клетки растущего корня и начинают размножаться. Клетки корня растения - хозяина также начинают интенсивно делиться, образуя опухоль, заполненную клубеньковыми бактериями - клубеньки.

От растения - хозяина бактерии получают все необходимые элементы питания и в первую очередь - углеводы, которые необходимы не только для роста и размножения бактерий, но и для фиксации ими азота атмосферы как источник энергии.

Хорошим индикатором активности симбиоза служит наличие в клубеньках леггемоглобина - красной окраски. Леггемоглобин является переносчиком кислорода при окислении углевода в процессе азотфиксации. Клубеньки, не содержащие красного пигмента, не усваивают азота воздуха.

Установлено, что на содержание леггемоглобина в клубеньках влияют все условия выращивания культуры: снижается влажность почвы - в результате сразу невосполнимо падает содержание леггемоглобина, хотя количество и масса клубеньков остаются пока без изменений; появилась почвенная корка или поле залило дождями, снизился доступ кислорода к корням - леггемоглобин немедленно и необратимо переходит в неактивный холеглобин; внесли азотные удобрения - тоже снижается количество леггемоглобина; упала температура ниже нормы или поднялась выше допустимого предела - и опять наблюдается потеря леггемоглобина; снизилась интенсивность фотосинтеза из-за поражения листьев болезнями, уменьшилось поступление углеводов к клубенькам - содержание леггемоглобина также падает.

Следовательно, наличие леггемоглобина в клубеньках - превосходный индикатор активности симбиоза. Оно «аккумулирует» все факторы среды, чутко реагирует на все изменения условий выращивания культуры. Чем выше масса клубеньков с леггемоглобином, тем больше азота воздуха усваивает растение. Чем больше растений с розовыми или красными клубеньками в посевах, тем активнее они фиксируют азот.

Однако количество фиксированного азота зависит не только от массы клубеньков с леггемоглобином, но и от продолжительности «работы» этой массы. Чем дольше клубеньки фиксируют азот, тем его больше будет усвоено. Для того чтобы объединить показатели массы и времени, П.П. Вавиловым и И.С. Посыпановым введено понятие «симбиотический потенциал», который выражается в килограммах клубеньковой ткани на 1 га, помноженной на продолжительность жизни её в днях (кг·дней/га). Общий симбиотический потенциал (ОСП) показывает всю массу клубеньков и продолжительность всего периода их жизни, а активный симбиотический потенциал (АСП) – только массу клубеньков с леггемоглобином и продолжительность их работы. При благоприятных условиях симбиоза последний показатель у зерновых бобовых культур достигает 20-50, у многолетних трав - 30-50 тыс. кг * дней/га.

Интенсивность азотфиксации, или количество азота воздуха, усвоенное 1 кг активных клубеньков в сутки, называют удельной активностью симбиоза. 1 кг клубеньков в сутки фиксирует обычно от 1 до 30-39 г азота воздуха, в зависимости от вида культуры и величины активного симбиотического аппарата. Если клубеньки фиксируют азот только в середине вегетации растений непродолжительное время, удельная активность симбиоза бывает максимальной. Она равна обычно 10 - 12 г/кг в сутки.

Количество азота, фиксированного культурой за вегетацию, равно произведению удельной активности симбиоза на АСП.

Таким образом, величина активного симбиотического потенциала и содержание леггемоглобина являются объективными показателями активности симбиоза в конкретных условиях. С их помощью можно в полевых условиях

достаточно точно (значительно точнее, чем с помощью других методов) определить количество азота, усвоенного бобовой культурой из воздуха.

Еще один показатель характеризует условия симбиотических отношений растения-хозяина с клубеньковыми бактериями, это процент растений с клубеньками, или нодуляция. Дело в том, что при неблагоприятных условиях не на всех растениях образуются клубеньки, иногда они появляются только на некоторых растениях. Чем лучше условия для симбиоза, тем больше растений образуют клубеньки и тем больше азота может быть усвоено из воздуха.

Для реализации потенциала биологического азота в практике земледелия необходима достоверная информация, позволяющая разработать систему оценочных показателей, основные из которых:

1. размеры азотфиксации бобовыми при различной их урожайности;
2. количество вовлекаемого атмосферного азота и поступление в почву органического вещества;
3. возможные урожайности зерновых за счет использования азота бобовых и потребность в минеральном азоте при возделывании культур по бобовым предшественникам.

Исходными данными для решения этих вопросов служит материалы агроэкологического мониторинга.

В севооборотах с бобовыми коэффициент азотфиксации определяют для оценки интенсивности азотфиксации различными группами бобовых в зависимости от изучаемых факторов, а главным образом для установления реального баланса азота почвы. С помощью коэффициента оценивают долю симбиотического азота, поступившего в почву с пожнивно - корневыми остатками бобовых (приходная статья), а также значение отчуждения бобовыми азота из почвы и удобрений (расходная статья). Для культуры бобовых вынос азота N_B определяют с поправкой на азотфиксацию (между тем этим требованиям часто пренебрегают) по формуле:

$$K = N_y(1-Kф),$$

где: N_y - общий азот в урожае (основная и побочная продукция), кг/га;

K_f - коэффициент азотфиксации.

Неблагоприятное влияние минеральных азотных удобрений на окружающую природную среду, на те или иные компоненты агроценозов может быть самое различное (загрязнение почв, поверхностных и грунтовых вод, усиление эвтрофирования водоемов, уплотнение почв; нарушение круговорота и баланса питательных веществ, ухудшение агрохимических свойств и плодородия почвы; ухудшение фитосанитарного состояния посевов и развитие болезней растений, снижение продуктивности сельскохозяйственных культур и качества получаемой продукции и т.д.). Все эти негативные последствия устраняются при применении биологического азота. [13]

Методика определения симбиотрофного азота

Определение симбиотрофного азота проводится методом подсчета количества клубеньков на корневой системе бобовых культур на площадках 25 x 25 см на глубине 0-15, 15-30 и 30-50 см.

Пример расчета количества симбиотического азота при возделывании козлятника восточного.

Таблица - учет клубеньков на корневой системе козлятника

Дата	Культура	Слой почвы	Кол-во клубеньков, шт (25-25) 1/16 м ²		Кол-во клубеньков на 1 га	
			всего	в т.ч. розовых	всего	розовых
1	2	3	4	5	6	7
18 июня	Козлятник 2 года	0-50	164/2624	30/420	26240000	4800000
8 июля	-/-	-/-	710/11350	373/5968	113600000	59680000
22 июля	-/-	-/-	526/8416	470/7520	84160000	75200000

Таблица - Количество симбиотического азота закрепляемого в почве при возделывании козлятника восточного

Масса 1 клубенька	Масса клубеньков		ОСП, тыс.кг/дн/ га (60 дней)	АСП, тыс.кг/дн/ га (30 дней)	УАС, г/кг сутки	Кол-во азота, кг/га (АСП)
	всего, кг	активных				
8	9	10	11	12	13	14
0,00121	31,7	5,8	1902	174	0,193	0,0335
	137,4	72,2	2748	1444	3,6	5,1
	101,8	90,9	1425	1272	6,5	8,2

Таким образом, с начала отрастания козлятника (5 мая) и вегетации (до 22 июля) козлятник усвоил 13,3 кг/га симбиотрофного азота. [13]

Сбалансированность процессов минерализации и гумификации - интегральный показатель экологической устойчивости почвы

Разрушение и создание органического вещества составляют сущность почвообразования. Из этого общеизвестного положения вытекает принципиально важное следствие - соотношение между процессами минерализации и гумификации обуславливает экологическое равновесие в почве. Сбалансированность названных процессов отражает суть экологической устойчивости почвенного блока, а, следовательно, и агроэкосистемы в целом. Определение количественных параметров, соответствующих состоянию экологического равновесия в почве, раскрытие его природы и разработка на этой основе методов целенаправленного воспроизводства почвенного плодородия - важная научно - практическая задача, требующая комплексных решений, в том числе с учетом и агроэкологических аспектов проблемы.

Достаточно значимым количественным показателем интенсивности процессов минерализации органического вещества почвы может служить отчуждение (вынос) азота с урожаем сельскохозяйственных культур. Процессы гумусообразования, наоборот, связаны непосредственно с накоплением азота в почве, поэтому величину аккумуляции его в приросте запасов гумуса можно принять за объективный показатель гумификации. Исходя из данных предпосылок, оценку сбалансированности процессов гумификации и минерализации в почвенном блоке агроэкосистемы реально проводить, основываясь на определении агроэкологического параметра - коэффициента биологической утилизации азота удобрений ($K_{\text{ут}}^{\text{N}}$). Названный показатель подсчитывают как сумму коэффициентов усвоения возделываемыми растениями элемента из удобрения ($K_{\text{усв}}^{\text{N}}$) и аккумуляции его в приросте гумуса за ротацию севооборота по отношению к количеству, определяемому перед закладкой опыта ($K_{\text{ак}}^{\text{N}}$). Отношение коэффициента усвоения азота удобрений к коэффициенту его аккумуляции ($K_{\text{усв}}^{\text{N}} / K_{\text{ак}}^{\text{N}}$)

отражает степень сбалансированности в почве процессов минерализации и гумификации, а значит, и направленность процесса почвообразования за ротацию севооборота. Очевидно, что это отношение наряду с другими показателями может служить объективным экологическим критерием оценки устойчивости высокопродуктивной агроэкосистемы. Степень устойчивости почвенного блока агроэкосистемы определяют по формуле:

$$\mathcal{E}_{уст} = K_{усв}^N / K_{ак}^N$$

где $\mathcal{E}_{уст}$ - интегральный показатель экологической устойчивости почвенного блока агроэкосистемы;

$K_{усв}^N$ - коэффициент усвоения азота культурами за ротацию севооборота, %;

$K_{ак}^N$ - коэффициент аккумуляции азота в приросте гумуса за ротацию севооборота, %

Величина биологической утилизации азота удобрений напрямую связана с особенностями их влияния на эффективное и потенциальное плодородие почвы, а также на урожайность и вынос азота возделываемыми на полях севооборота культурами. Многолетними полевыми опытами установлено, что чем больше азота удобрений утилизируют растения за ротацию, тем меньше его аккумулируется в ноогумусе и тем выше доля коэффициента усвоения ($K_{усв}^N$) в коэффициенте биоутилизации ($K_{ут}^N$). Это особенно наглядно прослеживается, например, при заделке в почву зеленого удобрения, богатого легко минерализирующимися веществами (белки, углеводы и т.д.). Обратная зависимость наблюдается при запашке в почву инертного органического вещества - соломы, азот которой в гумусовых веществах минерализуется медленно. Поэтому в коэффициенте биоутилизации азота соломы основная доля приходится на коэффициент его аккумуляции в приросте гумуса за ротацию севооборота.

Коэффициент биологической утилизации азота минеральных удобрений полностью определяется его выносом с урожаем возделываемых в севообороте культур. Систематическое внесение только технического азота ведет к ускорению антиэкологического процесса дегумификации почвы. Применение органических азотных удобрений в отличие от минеральных наряду с улучшением азотного питания культурных растений способствует активизации в почве процессов гумификации, что находит отражение в структуре коэффициента биоутилизации.

Результаты проведенных исследований показывают, что органическое удобрения, за исключением сидератов, значительно (на 25...65 %) превосходят минеральные по величине коэффициента биоутилизации азота, что объясняется их положительным влиянием на процесс новообразования гумуса. При совместном применении органических и минеральных удобрений (половинными нормами по NPK) $K_{ут}^N$ на 19...26 % ниже, чем при внесении только органических удобрений. Резко снижается коэффициент биоутилизации азота удобрений (органических - вдвое, минеральных - в 1,3 раза) и при увеличении насыщенности севооборота минеральными туками с 40 до 120 кг/га.

Как интегральный количественный показатель, характеризующий влияние внесенных удобрений на процессы минерализации и гумификации, $K_{ут}^N$ отражает изменение как эффективного, так и потенциального плодородия почвы. Чем выше биоутилизация на фоне оптимального сочетания процессов гумификации и минерализации, тем рациональнее применение азотсодержащих удобрений и меньше химическая нагрузка на окружающую среду.

Однако для объективной агроэкологической оценки эффективности применения азотсодержащих удобрений важно знать не только численное значение $K_{ут}$, но и соотношение между $K_{усв}^N$ и $K_{ак}^N$, что особенно существенно для установления изменений устойчивости почвы. Отношение $K_{усв} : K_{ак}$ в значительной степени отражает природу взаимосвязи между процессами минерализации и гумификации. Оптимизация этих диаметрально противополо-

ложных процессов - актуальная проблема формирования экологических систем земледелия, успешное решение которой позволяет контролировать и целенаправленно воздействовать на экологическое равновесие в почвенном балансе агроэкосистемы. Именно сбалансированность процессов минерализации и гумификации обуславливается, с одной стороны, уровень продуктивности возделываемых культур, а с другой - масштабы воспроизводства почвенного плодородия. Разумеется, что количественный контроль за этими постоянно протекающими в почве процессами достаточно значим в экологическом отношении.

Более низкое численное значение отношений $K_{\text{усв}}^N : K_{\text{ак}}^N$ характерно для инертного органического вещества, в частности соломы, азот которой слабо усваивается культурами и большей частью закрепляется в гумусе. Противоположная картина наблюдается при заделке в почву минеральных удобрений и сидератов, которые влияют, прежде всего, на процессы минерализации.

Варьирование численного значения рассматриваемого отношения в пределах 0,5.. 15 вполне приемлемо. Снижение его до значения $< 0,5$ соответствует существенному уменьшению продуцирующей способности растений. Повышение же его до значений > 15 нецелесообразно по экологическим причинам, поскольку в этом случае используемый показатель отражает значительное снижение воспроизводства гумуса, что в конечном итоге неминуемо ведет к опустыниванию агроэкосистемы.

Таким образом, показатель биологической утилизации азота удобрений может служить важным агроэкологическим критерием устойчивости почвенного блока, позволяющим судить и об устойчивости всей агроэкосистемы. Критерий $\mathcal{E}_{\text{уст}}$ дает возможность количественно оценить степень сбалансированности в почве диаметрально противоположных процессов - минерализации и гумификации, что исключительно важно для моделирования процесса оптимизации эффективного и потенциального плодородия. Определение оптимальных значений коэффициентов

биоутилизации ($K_{ут}^N$) и устойчивости ($\Theta_{уст}$) вносимого азота удобрений за ротацию в севооборотах должно входить в программу агроэкологического мониторинга в длительных стационарных опытах - полигонах, заложенных в различных почвенно - климатических зонах. Следует отметить, что отношение $K_{усв}^N : K_{ак}^N$ за ротацию севооборота можно использовать в качестве критерия влияния на экологическую устойчивость почвы и агроэкосистемы не только удобрений, но и различных агротехнических приемов. [13]

Устойчивость агроэкосистем при различных системах земледелия

Разнообразие форм техногенного и аграрного воздействий, увеличивающиеся масштабы и объемы антропогенной нагрузки, наличие многочисленных негативных изменений в почвах, свойства, режимы и функции которых стали отличаться от аналогичных показателей реликтовых или эталонных почв, послужили основанием говорить о патологии почвы. Не менее справедливым будет утверждение о патологическом состоянии большинства современных агроэкосистем, основные компоненты, которых подвержены той или иной форме антропогенного воздействия и находятся в конечных зонах устойчивости, граничащих с потерей этого качества. Подобное состояние агроэкосистемы напрямую связано со стратегическими и тактическими издержками, которые характерны для аграрной деятельности человека и проявляются в характере землепользования и культивирования агроэкосистемы.

Ущерб плодородия почвы и окружающей среде, причиняемый несбалансированным применением избыточных доз пестицидов, удобрений и мелиорантов, использованием тяжелой техники в районах с повышенным увлажнением, нарушениями зональных технологий возделывания культур и мелиорации почв, характерен для нерационального или экстремального земледелия, в котором интенсивность упрощенно понимается как концентрация ресурсов в расчете на единицу площади без учета степени и качества их использования:

В действительности в интенсивном земледелии повышение урожайности культур обеспечивается благодаря эффективному использованию средств химизации, биологических способов защиты растений, мелиоративных приемов, внедрению прогрессивных технологий, учитывающих зональную почвенно - экологическую специфику, что, в конечном счете, способствует повышению плодородия почв и охране

агроландшафтов от загрязнения и деградации. Однако экологическая ситуация остается достаточно напряженной, что дает повод усомниться в безопасности традиционных интенсивных систем земледелия и осознать необходимость разработки альтернативных производственных систем, из которых наиболее известна биологическая система земледелия.

На первых этапах развития такой системы земледелия приоритетным направлением было получение высококачественной растениеводческой продукции главным образом благодаря отказу от использования инсектицидов и применению биологических и агрономических способов защиты растений. В последние годы биологическую систему земледелия рассматривают в более широком плане - как составную часть концепции экологически чистой окружающей среды, расширяя тем самым круг ограничений на применение агрохимикатов, включая и синтетические удобрения. Введение элементов биологического земледелия, как правило, приводит к снижению экономических показателей производства, росту энергозатрат на получение единицы продукции, увеличению объема работ и их усложнению по сравнению с традиционной системой.

Учитывая преимущества и недостатки этих двух противоположных концепций, многовариантность форм антропогенного давления на агроэкосистемы и стремление интенсифицировать все стадии производства сельскохозяйственной продукции, а также принимая во внимание значительное ухудшение качества окружающей среды, следует признать необходимой разработку новой адаптивной системы земледелия, эффективность которой соответствовала бы более широкому спектру критериев.

Следовательно, современное управление устойчивостью агроэкосистемы и использование для этого практических средств должны предусматривать достижение разумного компромисса между количеством продукции, её качеством, масштабами затрачиваемых природных и технических ресурсов и нарушениями в окружающей среде. Эти параметры в своей совокупности и характеризуют новый тип современного земледелия -

адаптивный, под которым понимают экологическую дифференциацию агротехнологий, направленную на достижение высокой степени соответствия аграрных форм деятельности природным механизмам саморегуляции экосистем путем оптимизации или компенсации внешних и внутренних факторов и свойств, лимитирующих развитие продуцентов агроэкосистемы.

В отличие от альтернативного земледелия, которое предполагает приоритет какого-либо одного критерия, адаптивно-компромиссное направлено на достижение рациональной сбалансированности критериев и представляет собой промежуточную форму между биологическим и традиционным типами земледелия. [13]

Методика расчета экологичности системы земледелия

В качестве критериев оценки влияния сельскохозяйственной деятельности на агроэкосистемы предложено использовать показатель экологичности земледелия ($K_{эз}$), для расчета которого служат следующие характеристики: урожай культур ($У$) и их количество (n), коэффициент гумификации растительных остатков (K_r), масса вносимых органических удобрений (M_o) и коэффициент их гумификации (K_o), масса минерализации гумуса и количество пожнивных остатков ($M_{мп}$), масса потерь гумусовых веществ за счет эрозии ($M_{эв}$), масса расхода гумуса на формирование урожая ($M_{гУ}$), коэффициенты, выражающие повторяемость культуры за ротацию севооборота (K_p) и долю данной культуры в севообороте (K_d).

$$K_{эз} = \sum_{i=1}^n \frac{(УK_r + M_o K_o) K_d K_p}{M_{мп} + M_{эв} + M_{гУ}}$$

При использовании этих параметров в модели было показано, что в результате эрозии и насыщенности севооборотов техническими культурами происходит активный расход гумуса, а низкое значение $K_{эз}$ (0,3...0,4)

свидетельствует о недостаточной экологичности используемых систем земледелия.

Пример расчета устойчивости агроэкосистем при различных системах земледелия (звеньях севооборота) [13]

1. Звено: пар-пшеница (с внесением органических удобрений)

$$K_{эз} = \frac{(25 \times 0,2 + 20 \times 0,2) \times 1 \times 0,5}{4 + 5 + 2,3} = \frac{(5 + 4) \times 0,5}{11,3} = 0,39$$

То же самое без внесения органических удобрений

$$K_{эз} = \frac{2,5}{11,3} = 0,22$$

Оценка экологической устойчивости агроландшафтов

Современная хозяйственная деятельность человека сопровождается уничтожением естественной растительности и заменой ее на культивируемую, интенсивной обработкой почвы, применением различных агрохимикатов, мелиорации. В результате почвы, претерпевают негативные изменения, что сказывается в общем снижении плодородия и продуктивности сельскохозяйственных угодий.

Устойчивость агроландшафта – это способность почвы поддерживать заданные производительные и социальные функции, сохраняя биосферные (Кирюшин В.И., 1996).

Сельскохозяйственная организация территории должна осуществляться с учетом её ландшафтно-типологических и региональных различий. Одной из важнейших задач рациональной организации территории является формирование такого морфологического облика агроландшафта, который

отличался бы не только высокой продуктивностью, но и экологическим разнообразием, эстетической привлекательностью и, кроме того, удовлетворял бы санитарно-гигиеническим требованиям.

Такая организация сельскохозяйственной территории может быть достигнута на основе глубокого изучения, анализа и учета ландшафтной неоднородности земельного фонда, разработки конкретных землеустроительных, лесовосстановительных, мелиоративных и других проектов, которые должны предусматривать оптимальное сочетание параметров хозяйственной нагрузки в конкретном ландшафте. Важнейшим нормативным критерием здесь является уровень допустимого однообразия агроландшафтов: оптимальное сочетание технологических условий территории (размеры и конфигурация полей и т.д.) и биотических составляющих (участки лесов, полей, лугов, кустарников, болот и т.д.).

С экологической точки зрения современный ландшафт - это целостная система взаимосвязанных и взаимодействующих компонентов. Необходимой предпосылкой для грамотного управления процессами использования ландшафта является разработка теоретико-методологических основ решения конкретных практических задач. При этом к вопросам первоочередной важности относится оценка устойчивости современного ландшафта (в том числе и аграрного) и его оптимизации.

В соответствии с приводившейся ранее общей трактовкой понятия «устойчивость», по отношению к ландшафту её можно рассматривать как способность сохранять свои структуру и функции при внешних воздействиях.

Под оптимальным понимают ландшафт, структуры и функции которого максимально соответствуют возможностям и потребностям нормального сбалансированного развития отдельных его компонентов или определенным целям его использования. В соответствии с этим оптимизация ландшафта - это комплекс мероприятий по сохранению или модификации существующих и формированию новых связей между различными составляющими ландшафта в целях его рационального использования, сохранения полезных свойств (в том

числе и природных ресурсов) и предупреждения их возможной утраты, установление максимального полного соответствия природного потенциала ландшафта социально-экономическим функциям, задаваемым ему человеком.

Агроландшафты являются целостными генетически однородными пространственно-временными единицами, несмотря на то, что определенная часть их естественного растительного покрова заменена агроценозами.

С позиций системного подхода, учитывающего особенности формирования и функционирования ландшафтов, представляются возможными следующие предпосылки оптимизации агроландшафтов.

Во-первых, формирование и поддержание на оптимальном уровне структуры и функционирования земельных угодий, обеспечивающих необходимое разнообразие и устойчивость агроландшафтов.

Во-вторых, экологическая оптимизация агроландшафтов должна обеспечивать восстановление и сохранение местного генетического фонда живой природы, а также восстановление и сохранение естественных ценозов.

В-третьих, восстановление и сохранение обводненности территории, которая должна соответствовать естественному фону данного ландшафтного образования.

В-четвертых, экологическая оптимизация агроландшафтов обеспечивается целенаправленным развитием сети охраняемых природных территорий различных рангов и статуса (от микрозаказников до заповедников).

Рассматривая вопросы устойчивости и оптимизации ландшафтов, очень важно располагать системой количественных оценок и характеристик изучаемых процессов. В этой связи заслуживает внимание возможность оценивать степень экологической устойчивости ландшафта с помощью коэффициента экологической стабилизации (КЭСЛ), интегрирующего качественные и количественные характеристики абиотических и биотических элементов ландшафта. [13]

Методика определения коэффициентов экологической стабилизации

Степень экологической устойчивости ландшафта можно оценить при помощи расчетных коэффициентов экологической стабилизации, которые согласно И.Рыбарски и Э.Гайссе, интегрируют некоторые абиотические и биотические факторы.

Коэффициент, учитывающий влияние абиотических факторов основан на определении и сопоставлении площадей, занятых различными элементами ландшафта, с учетом их положительного или отрицательного влияния на окружающую среду:

$$КЭСЛ_1 = \frac{\sum_{i=1}^n F_{ст}}{\sum_{i=1}^n F_{нст}}$$

где, $F_{ст}$ - площади, занятые стабильными элементами ландшафта - сельскохозяйственными культурами и растительными сообществами, оказывающими на него положительное влияние (леса, зеленые насаждения, естественные луга, заповедники, заказники и пахотные земли, занятые многолетними культурами: люцерной, клевером, травосмесями);

$F_{нст}$ - площади, занятые нестабильными элементами ландшафта (ежегодно обрабатываемые пашни, земли с неустойчивым травяным покровом, склонами, площадями под застройкой и дорогами, зарастающими или заиленными водоемами, местами добычи полезных ископаемых, другими участками, подвергшимися антропогенному опустошению).

Таблица – Шкала оценки ландшафта по абиотическим факторам

Значение КЭСЛ ₁	Характеристика ландшафта
----------------------------	--------------------------

<0,5	Нестабильность хорошо выражена
0,51... 1,00	Состояние нестабильное
1,01... 3,00	Состояние условно стабильное
4,51 и более	Стабильность хорошо выражена

Биотические элементы ландшафта оказывают неодинаковое влияние на его стабильность. Для оценки ландшафта необходимо учитывать не только их площадь, но и внутренние свойства, а также качественное состояние (влажность и профиль биотопа, структура биомассы, геологическое строение, местоположение и морфология поверхности):

$$KЭСЛ_2 = \frac{\sum_{i=1}^n f_i \times K_{эз} \times Kr}{F_t}, \text{ где}$$

f_i - площадь биотического элемента;

$K_{эз}$ - коэффициент, характеризующий экологическое значение отдельных биотических элементов (например, площадь застройки - 0; пашня - 0,14; виноградники - 0,29; хвойные леса - 0,38; сады, лесные культуры, лесополосы - 0,43; огороды - 0,5; луга - 0,62, хвойно-широколиственные леса - 0,63; пастбища - 0,68; водоемы и водотоки - 0,79; лиственные леса - 1,0);

Kr - коэффициент геолого-морфологической устойчивости рельефа (1,0 - стабильный, 0,7 - нестабильный, например, рельеф песков, склонов, оползней);

F_t - площадь всей территории ландшафта.

Таблица – Шкала оценки ландшафта по биотическим факторам

Значение $KЭСЛ_2$	Характеристика ландшафта
< 0,33	Нестабильный
0,34... 0,50	Мало стабильный
0,51... 0,66	Средне стабильный

Более 0,66	Стабильный
------------	------------

Расчеты по $KЭСЛ_1$ и $KЭСЛ_2$ дают основную информацию о степени экологической устойчивости исследуемого ландшафта, необходимую для выбора соответствующих мероприятий по его защите и переформированию.

Пример расчета коэффициентов экологической стабилизации на примере ОПХ «Иркутское»

Нестабильные элементы:	Стабильные элементы
$F_{нст}$	$F_{ст}$
Пашня- 500 га	Лес – 200га
Однолетние травы – 300	Насаждения – 50
Склоны- 100	Луг - 400
Застройки- 10	Пастбища - 300
Заращение водоемов – 5	Заповедники – 20
Эрозия-100	Травы - 300
Добыча-100	
2115	1270
Всего 3395	

$$KЭСЛ_1 = \frac{\sum_{i=1}^n F_{ст}}{\sum_{i=1}^n F_{нст}} = \frac{1270}{2115} = 0,60$$

$$KЭСЛ_2 = \frac{\sum_{i=1}^n f_i \times K_{эз} \times Kr}{F_t}$$

$KЭСЛ_2 = [(10 - 0) + (2100 \cdot 0,14) + (100 - 0,38) + (50 \cdot 0,43) + (30 \cdot 0,5) + (400 \cdot 0,7) + (50 \cdot 0,63) + (300 \cdot 0,68) + (5 \cdot 0,79) + (50 \cdot 1)] : 3395 - 863 : 3395 - 0,25.$

K_s - - 1.0 устойчивый рельеф

0,7 неустойчивый рельеф (склоны, эрозионные земли, разработки полезных ископаемых). [13]

Методика определения экологической устойчивости почвенного блока

Экологическая устойчивость почвенного блока рассчитывается по формуле:

$$Э_{уст} = K_{усв}^N : K_{ак}^N, \text{ где}$$

$K_{усв}^N$ - коэффициент усвоения растениями из удобрения

$Э_{уст}$ - степень устойчивости почв блока АЭС.

$K_{ак}^N$ - коэффициент аккумуляции азота в приросте гумуса.

(для люцерны - 0,87; пшеницы - 7,1; свербиги - 0,59).

Примеры расчета показателей экологической устойчивости почвенного блока при практикуемых звеньях севооборота:

1. В звене севооборота: Пар - пшеница

Общий расход азота на создание 30 ц зерна с гектара - 108 кг ($3,6 \cdot 30$).

Общий расход гумуса-2,16 т/га $[(108 \cdot 100) : 5]$

Содержание азота в солоmistых остатках - 22,5 кг/га

$(4500 \cdot 0,5) : 100$,

где 4500 кг /га биологическая масса соломы,

0,5 % - содержание азота в соломе.

Таким образом, в звене пар - пшеница создается отрицательный баланс азота – 85,5 кг/га ($108 - 22,5$).

2. В звене севооборота: Люцерна - пшеница.

Приход органического вещества с корневыми и пожнивными остатками люцерны составляет 12 т/га

(3,5 т - пожнивные и 8,5 т - корневые остатки).

Содержание азота в растительных остатках люцерны составляет 2 %, следовательно приход азота в звене составит 122,2 кг/га (в т.ч. 48,3 кг с пожнивными и 73,9 с корневыми остатками).

Таким образом, в звене люцерны - пшеница создается положительный баланс азота - + 36,7 кг/га $[(122,2 + 22,5) - 108]$.

1. В звене севооборота: донник - пшеница.

Приход органического вещества с корневыми и пожнивными остатками люцерны составляет 11,1 т/га

(3,3 т- пожнивные и 7,8 т - корневые остатки).

Содержание азота в растительных остатках донника составляет 2,2 %, следовательно, приход азота в звене составит 93,1 кг/га

(в т.ч. 33,9 кг с пожнивными и 59,2 с корневыми остатками).

Таким образом, в звене донник - пшеница создается положительный баланс азота ач-7,6 кг/га $[(93,1 + 22,5) - 108]$.

Примечание:

При использовании донника в качестве сидеральной культуры в почву вносится дополнительно свежее органическое вещество при отавной форме сидерации в количестве 2 т/га и при самостоятельной сидерации 5,5 т/га. [13]

Таблица - Общее потребление и вынос азота различными растениями, кг/га

Культура	Общее потребление	Вынос N с отчуждаемой частью биомассы	Содержание N в корневых и пожнивных
----------	-------------------	---------------------------------------	-------------------------------------

			остатках
Горец	222,2	104,0	118,2
Свербига	374,21	139,7	234,7
Галега	319,5	136,1	183,4
Эспарцет	212,7	98,2	114,5
Донник	164,5	71,2	93,3
Люцерна	199,3	77,1	122,2
Клевер	238,8	87,1	151,7
Кострец	101,3	45,7	55,6
Пшеница	167,5	147,0	20,5

Расчет биоэнергетического потенциала агроландшафта (БЭПТ) и биоклиматического потенциала продуктивности (БКП)

Термин «ландшафт» международный. Он обозначает ту или иную местность, пейзаж, картину природы. Определение ландшафта как объекта исследования не везде понимается одинаково. В научной литературе на русском языке термином «ландшафт» чаще всего обозначается природно-территориальный комплекс. В Словакии под ландшафтом понимают не только природный территориальный комплекс, но и страну, родину. В Чехии ландшафт характеризовали как территориальное социально-экономическое и природное образование. Ландшафт, по Н.Д. Ярошенко – совокупность однотипных биogeоценозов: тундровых (тундровый ландшафт), таежных (таежный ландшафт), степных (степной ландшафт) и т.д.

Ландшафт – относительно однородная по своему генезису территория, на которой наблюдается закономерное повторение участков, тождественных по геологическому строению, форме рельефа, гидрологии, микроклимату, биоценозам и почвам.

Ландшафт антропогенный – ландшафт, преобразованный хозяйственной деятельностью человека настолько, что изменена связь природных (экологических) компонентов в степени, ведущей к сложению нового, по сравнению с ранее существовавшим на этом месте, природного комплекса. Антропогенный ландшафт занимает 46% территории суши планеты.

Ландшафт культурный – целенаправленно созданный антропогенный ландшафт, обладающий целесообразными для человеческого общества структурой и функциональными свойствами.

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

Ландшафты подразделяют на *природные* и *антропогенные*. К антропогенным относят ландшафты техногенные, индустриальные, городские, сельскохозяйственные.

В.Тишлер аграрный ландшафт рассматривает как экосистему с более или менее очерченными границами. Аграрный ландшафт как системное образование состоит из экологических систем низшего ранга: полей, садов, огородов (агробιοгеоценозов), лугов и пастбищ (лугопастбищных биогеоценозов), скотных дворов, ферм и животноводческих комплексов (скотоводческих систем по Ю. Одуму, ферменных биогеоценозов). Биогеоценозы аграрные, луговые, пастбищные и ферменные составляют образования взаимосвязанных природно-технических систем по производству продуктов растениеводства и животноводства. Максимум экологически чистой и сравнительно недорогой продукции может быть получен при научно- обоснованном управлении аграрными ландшафтами.

Регуляция и оптимизация аграрных ландшафтов предполагает использование системно-экологического подхода в разработке следующих прикладных направлений:

- 1) мониторинг за состоянием сельскохозяйственных экосистем, межбиогеоценозных связей;
- 2) прогнозирование – научно-обоснованное суждение о возможных изменениях структуры и функции аграрных ландшафтов и их окружения;
- 3) принятие экологически обоснованных оптимальных решений.

Системный подход в сельском хозяйстве заключается в исследовании полевых, пастбищно-луговых и ферменных биогеоценозов как системных образований, тесно связанных между собой и формирующих единую экологическую систему высокого уровня (аграрный ландшафт, агросферу).

В.В. Докучаев разработал ландшафтный подход к формированию рациональных систем земледелия, выдвинул концепцию ландшафтной адаптации земледелия. К сожалению, докучаевская концепция оптимизации агроландшафтов не была развита в производственных масштабах.

Ландшафтоведение стало развиваться в рамках физической географии безотносительно к проблемам природопользования в агропромышленном комплексе. Лишь в последние годы эрозионная проблематика подтолкнула развитие прикладных аспектов ландшафтоведения.

В последнее время все большее число ученых-земледелов и агрономов-практиков приходит к осознанию необходимости ведения земледелия на ландшафтной основе, но реализация этого возможна только при разработке научно-обоснованных принципов ландшафтного земледелия.

С позиций агробиоэнергетики ландшафтное земледелие – это система регулирования вещественно-энергетических потоков в агроландшафте, обеспечивающая его ресурсно-воспроизводящие функции, прежде всего повышение плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культур.

Природные экосистемы и ландшафты обладают способностью саморегуляции, высокой устойчивостью, энергетической, вещественной и экологической сбалансированностью. По мере развития земледелия и сельского хозяйства в целом природные системы и ландшафты трансформировались в агроэкосистемы и агроландшафты, в которых антропогенный фактор стал приобретать все большее значение.

В начальный период развития земледелия влияние антропогенного фактора на природу было несущественным. Теперь, когда масштабы и разносторонность этого влияния неизмеримо возросли, возникли опасные экологические проблемы в земледелии. Агроэкосистемы и агроландшафты стали неустойчивыми, разбалансированными, и одна природа уже не в состоянии обеспечить их нормальное функционирование подобно природным экосистемам и ландшафтам. Только человек – сам создатель агроэкосистем и агроландшафтов может и должен обеспечить оптимальное, экологически безопасное управление агроэкосистемами и агроландшафтами на основе познания законов природы, разработки научно-обоснованных

ландшафтных систем земледелия, базовой основой которых является агроландшафт.

Агроландшафт представляет собой совокупность экосистем и (или) агроэкосистем на геоморфологической конструкции природного ландшафта.

Ландшафтное земледелие должно обеспечить экологически безопасное и экономически целесообразное использование природных и антропогенных энергетических ресурсов. Решение задачи предполагает системное исследование процессов и явлений в агроландшафтах с целью определения оптимальных количественных параметров режимов трансформации энергии и вещества в них.

Основное принципиальное отличие ведения земледелия на ландшафтной основе заключается в необходимости определения структурных территориальных единиц для глубокого системного анализа и количественной оценки биоэнергетических процессов, протекающих в них.

Разработка ландшафтных систем земледелия в условиях многоукладного сельского хозяйства предусматривает приоритет ландшафтной морфогенетической структуры территории над административными и хозяйственными границами.

Несмотря на длительный период развития ландшафтоведения, основные вопросы организации и ведения земледелия на ландшафтной основе являются в значительной мере проблемными.

Как известно, система земледелия разрабатывается на конкретную территорию. При этом необходимо пользоваться унифицированными таксономическими единицами агроландшафта.

Для разработки ландшафтных систем земледелия необходимо провести: классификацию, картографирование и типизацию агроландшафтов; анализ потенциала природных и антропогенных ресурсов; составить схему интенсивности и направленности вещественно-энергетических потоков; мониторинг; дать эколого-экономическую оценку.

Необходимым условием для управления агроландшафтом через систему земледелия является количественное выражение его вещественно-энергетического баланса. Природные статьи включают солнечную и антропогенную энергию, энергию атмосферных процессов и явлений, миграционных процессов; расходные статьи – отчуждение энергии с продукцией, минерализацию органического вещества, миграционные процессы. В развивающихся агроландшафтах (как и в агроэкосистемах) наблюдается положительный баланс энергии, в стабилизированных – нейтральный и в деградирующих – отрицательный.

Организация земледелия на ландшафтной основе предполагает четкое представление о природных и антропогенных ресурсах территории, так как система земледелия является средством использования и регулирования этих ресурсов с целью получения определенного количества связанной энергии в форме сельскохозяйственной продукции.

При разработке экологически сбалансированной системы земледелия особую значимость имеет экологическая емкость агроландшафта и структура его биоэнергетического потенциала (БЭПТ). Последний меняется в зависимости от степени антропогенизации территории, времени и интенсивности использования ресурсного потенциала. Биоэнергетический подход предполагает анализ баланса вещества и энергии в определенной агроландшафтной структурной единице – водосборе.

В целом производительность ландшафта определяется соотношением различных типов растительности и степенью его антропогенизации. Для оценки территории по биоэнергетическому потенциалу необходимо ориентироваться на энергию, аккумулированную, прежде всего в органическом веществе. При этом следует учитывать особенности накопления энергии разными типами растительности, запасы энергии в древесине, корнях, трансформацию и накопление энергии в органическом веществе почвы.

С этой целью для характеристики различных агроландшафтов и ландшафтов были отобраны следующие показатели: количество органической

массы на единице площади лесных, травянистых и полевых ценозов, содержание энергии в почве с учетом типа почвы, степени смывости, характера использования. При этом учитывается динамика трансформации органического вещества.

В ходе исследования предусматривалось:

- 1) определение принципов выделения территориальной единицы;
- 2) выбор и обоснование показателей БЭПТ;
- 3) систематизация исходных количественных показателей и приведение их к единой системе измерения;
- 4) математическое выражение способа измерения БЭПТ;
- 5) группировка и ранжирование рядов показателей БЭПТ;
- 6) апробация на конкретных агроландшафтах.

Для выделения ландшафтных структур используются разные критерии: общий генезис, морфометрические показатели, природные рубежи, линии тока вещества и энергии, сходство гидрологического режима и миграции химических элементов.

Поскольку органическое вещество состоит из запасов и ежегодного прироста, то энергия накапливается и в запасах, и в ежегодном приросте. Общая формула, характеризующая БЭПТ, выглядит следующим образом:

$$\text{БЭПТ} = Z + E_{\text{пэ}},$$

где БЭПТ – биоэнергетический потенциал территории, МДж/га;

Z – запасы энергии, МДж/га;

E_{пэ} – ежегодное приращение энергии, МДж/га.

С учетом растительности, типа почв, степени их смывости, фактора времени и площади территории в формулу вносят соответствующие коррективы.

С фактором времени и площади под каждым видом растительности общая формула для определения БЭПТ следующая:

$$\text{БЭПТ} = [Z_{\text{ф}} (H^* Q'_1 + K^* O''_1) + \text{ОП} * Q_2 + \text{МР} (H^* Q'_1 + K^* O''_1) (t - 1)] S,$$

где Z_ф – запасы фитомассы, т/га;

H – надземная масса, т/га;

Q'_1 – содержание энергии в единице вещества наземной массы;

O''_1 – содержание энергии в единице органического вещества корней;

K – масса корней, т/га;

OP – масса органического вещества почвы (гумуса), т/га;

Q_2 – содержание энергии в единице почвенного гумуса;

MP – ежегодный прирост массы растений, т/га;

t – число лет (без года учета);

S – площадь, га.

Определив величину всех составляющих и БЭПТ в расчете на единицу площади через учет площади под каждым видом растительности, почв, можно оценить любую территориальную единицу (природно-территориальный комплекс, ландшафт, водосбор, административный район и т.д.) по ее биоэнергетическому потенциалу.

Как правило, каждая территориальная единица (природная, административная) имеет в своем составе участки, занятые лесом и лесопосадками, луговой и пастбищной растительностью, пашней. Биоэнергетический потенциал этой территории равен сумме произведений БЭПТ единицы площади под каждым видом растительности на всю площадь, занятую каждым типом растительности, т.е.:

$$\text{БЭПТ}_{\text{общ}} = \text{БЭПТ}_1 + \text{БЭПТ}_2 + \text{БЭПТ}_3,$$

где БЭПТ_1 , БЭПТ_2 , БЭПТ_3 – биоэнергетический потенциал территории, занятой соответственно лесом, лугом, пашней.

Чтобы избежать слишком больших величин при исчислении БЭПТ, следует вести расчет через средневзвешенные величины площадей в %:

$$\text{БЭПТ}_{\text{общ}} = \text{БЭПТ}_1 * S_1 + \text{БЭПТ}_2 * S_2 + \text{БЭПТ}_3 * S_3 / 100$$

Оценка биоэнергетического потенциала территории позволяет определить ее ресурсное состояние, сравнить экологическую ёмкость и пространственную изменчивость. Это послужит основой для выявления сходных категорий земель, их группировки, что позволит проводить

ресурсно-экологическое районирование, определять структуру угодий (пашня, лес, луг, водные источники) агроландшафта. Поскольку агроландшафт включает различные средообразующие компоненты, в том числе и разные типы растительности, то в основном от их соотношения и зависит производительность ландшафта.

Одним из важнейших показателей, определяющих продуктивность земли, является биоклиматический потенциал (БКП).

БКП положен в основу агроклиматического районирования, оценки и рационального использования почвенно-климатических ресурсов. БКП рассчитывается по формуле:

$$\text{БКП} = K_{\text{увл}} \frac{\sum t^{\circ} > 10^{\circ}\text{C}}{10^3},$$

где БКП – биоклиматический потенциал продуктивности, баллы;

$K_{\text{увл}}$ – коэффициент увлажнения, показывающий обеспеченность культуры влагой за период вегетации (в условиях Дальнего Востока изменяется от 0,7 до 1,4);

$\sum t^{\circ} > 10^{\circ}\text{C}$ – сумма температур, накапливаемая за период вегетации;

10^3 – сумма температур (1000 °C) на границе открытого земледелия.

Определение оценочного балла почвенно-климатических ресурсов проводят следующим образом: по агроклиматическим справочникам (края, области) находят $K_{\text{увл}}$ и $\sum t^{\circ} > 10^{\circ}\text{C}$, накапливаемую как в целом за вегетацию, так и за любой межфазный период роста и развития растений. Трудность составляет лишь переход баллов в БКП к урожайности сухой биомассы или товарной продукции. Нужен некий коэффициент (β), соответствующий определенному уровню использования фотосинтетически активной радиации (ФАР). Тогда урожайность определяют по формуле:

$$Y = \beta * \text{БКП},$$

где β рассчитывают по результатам экспериментальных исследований или теоретически определенным урожаям.[13]

«Дыхание» почвы

Плодородие почвы зависит от соотношения твёрдой, жидкой и газообразной фаз, которое в нормальных условиях составляет 2:1:1.

В.И. Вернадский подчёркивал, что почва, взятая без газов, не есть почва, и, говоря о значении биохимических процессов в почвах, о значении почвы в области биосферы, мы скрыто, указываем на первенствующую роль газов в почвенных процессах и на значение этих газов в газовом обмене земной коры.

От воздушного режима почвы в большой степени зависит продуктивность растений. Основные факторы его – почвенный воздух, его состав и газообмен между почвой и приземным слоем атмосферы. Б.М. Макаров (1988) указывает, что 40-70% углекислого газа, необходимо для формирования урожая, поступает из почвы.

Весьма существенный экологический фактор для зелёных фотосинтезирующих растений – углекислота воздуха. Выделение углекислого газа (CO_2) из почвы в приземный слой атмосферы называют «дыханием» почвы. Интенсивность «дыхания» почвы зависит от её свойств, гидротермических условий, характера растительности, агротехнических мероприятий. Выделение CO_2 почвой усиливается при её окультуренности в связи с активизацией биологических процессов и улучшением условий аэрации.

Из почвы в атмосферу поступает до 20 кг/га CO_2 в час. Например: дерново-подзолистые почвы выделяют летом до 10 кг/га в час CO_2 , каштановые – 8-15, чернозёмы – 10-20 кг/га час.

По данным Т.К. Горышиной (1979), серые и бурые почвы выделяют в сутки – 80 кг/га, за год – $92 \text{ кг} \cdot 10^{11}$. Благодаря «дыханию почвы» и

разложению подстилки припочвенный слой воздуха обычно обогащён углекислотой, а плотный растительный покров препятствует быстрой диффузии выделяемой углекислоты.

По данным И.Н. Николаевой под лесом и травами концентрация CO_2 в почвенном воздухе в 1,5-2,0 раза превышает таковую под зерновыми культурами.

Выделяют углекислый газ животные и микроорганизмы, живущие в почвенном гумусе и других органических остатках. Много CO_2 выделяется корнями растений.

По данным М.М. Ландиной (1992), почвенные микроорганизмы являются наиболее активным и универсальным гетеротрофным агентом биогеоценоза, поэтому $2/3$ всего CO_2 почвенного воздуха образуется в результате их жизнедеятельности, а $1/3$ – деятельности корней растений.

Т.С. Дёмкина и др. (1997) отмечают, что на интенсивность выделения CO_2 почвой влияет время года. Величина скорости продуцирования CO_2 почвами по сезонам убывает в ряду весна – осень – лето и имеет соотношение: лето : осень : весна равное 1,0:2,8:5,7. Следовательно, наиболее активно процесс минерализации органического вещества в почвах протекает весной, что обусловлено, вероятно, благоприятным гидротермическим режимом и достаточным количеством растительных остатков.

Установлено, что на динамику выделения углекислого газа из почвы оказывают влияние предшественники и удобрения. Сезонная динамика эмиссии CO_2 в большей степени связана с режимом влажности почвы. Кроме того установлено, что повышение эмиссии CO_2 в агроэкосистемах из техногенно загрязняемых почв связано с усилением процесса минерализации (Помазкина и др., 1996).

Приход - расход O_2 и CO_2 в экосистемах более или менее сбалансирован, эволюционно отрегулирован. Однако в последние годы картина существенно меняется. С середины прошлого века по настоящее время концентрация CO_2 в

атмосфере возросла с 0,029 до 0,033%; при сохранении темпов прироста к 2025 году она может удвоиться (Третьяков и др., 2000).[3,4,5,8,13]

Методика работы:

Сущность метода И.Н. Шаркова (1984) заключается в поглощении щелочью (NaOH) углекислого газа на поверхности почвы с последующим титрованием.

В лабораторных условиях в чашки, диаметром около 5см наливается по 10мл 1н NaOH, и плотно закрываем крышкой.

В полевых условиях с чашки, содержащей 10мл 1н NaOH, снимается крышка, помещается на почву и быстро накрывается сверху металлическим сосудом-изолятором, врезая его в почву на 3-4см.

Одновременно ставится контрольный опыт. В этом случае сосуд-изолятор снизу плотно закрыт крышкой, чтобы почвенный воздух не поступал внутрь.

Через 24 часа снимаются чашки и остаток щёлочи оттитровывается 0,2н раствором H_2SO_4 , в присутствии фенолфталеина (2-3 капли) до обесцвечивания. Все данные записываются в таблицу.

Таблица - Определение «дыхания» почвы

Дата	№ сосуда-изолятора	вариант	время		Количество кислоты, пошедшее на титрование, мл	Количество, мг CO_2	
			установки	снятия		в сутки	На $1m^2$ в час

Рассчитывается количество выделившегося CO_2 по формуле:

$$K=(a - b) * n * 44$$

K – количество CO_2 , мг в сутки;

a – количество раствора кислоты пошедшего на титрование щёлочи в холостом определении, мл;

b - количество раствора кислоты пошедшего на титрование щёлочи в рабочем определении, мл;

n – нормальность кислоты;

44 – коэффициент характеризующий количество мг CO_2 эквивалентного 1мл 1н раствора кислоты.

Определяется количество выделившегося CO_2 на 1м^2 за 1 час по формуле:

$$C=K:(S*t)$$

C - количество выделившегося CO_2 мг на 1м^2 за 1 час;

K - количество CO_2 , мг в сутки;

S – площадь сосуда-изолятора, м^2 ;

t – время экспозиции, часы [8]

Машинная деградация почв

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

Обычно мобильные аграрные машины утрамбовывают почву на глубину, превышающую пахотный слой, в результате чего при многократном воздействии уплотнение накапливается не только в этом горизонте, но и в подпахотном пласте. В результате происходит сдавливание внутри грунта пор, через которые проникаются воздух и вода, что приводит к негативным для сельхозпроизводителя последствиям.

Сейчас в России из 132 млн. га пашни на 87 млн. полностью разрушена структура пахотного горизонта. На каждом гектаре пашни ежегодно вырабатывается 23 эталонных гектара пахоты — в течение сезона землю пахут, боронят, лущат, культивируют и т.д. Плодородный слой перетирается колесами, уносится ветрами. Оставшаяся часть под давлением техники настолько уплотняется, что порой не поддается обработке плугом.

. Враг поля — резиновое колесо. За сезон трактор «Беларусь» образует на гектаре 12–14 т пыли. Тяжелые колесные тракторы создают в 3–4 раза больше пыли, чем гусеничные.

Почвоведы для оценки структурного состояния пользуются данными, приведенными в табл. 1. Исследованием целинных и залежных земель установлено, что в них содержится водопрочных агрегатов 70–80 %, т.е. структурное состояние отличное. На старопахотных участках количество водо-

прочных агрегатов уменьшается до 5–10 %, поэтому здесь структурное состояние почв крайне неудовлетворительное.

Для оценки приведем данные о структурном состоянии чернозема обыкновенного Мясликовского района (учебно-опытное хозяйство РГУ):

1. Влияние распашки на содержание в составе почвы водопрочных агрегатов

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

Данные анализа весьма красноречивы. Особенно большой и часто непоправимый вред почве приносит применение на пашне тяжелых сельскохозяйственных орудий. Трактор К-701 весит 12,5 т (трактор МТЗ-82 весил всего 3,4 т), комбайн «Дон-1500» — 13,4 т. Они давят на почву с силой 2,6 кг/см², тогда как предельно допустимая норма давления не должна превышать 1,5 кг/см².

Интенсивное применение тяжелой техники приводит не только к разрушению структуры пахотного слоя, но и к уплотнению глубоких горизонтов почвы, а возникшая на глубине 50–70 см повышенная плотность не восстанавливается до оптимальных величин. Таким образом, наиболее опасным эффектом МДП является повышенное уплотнение корнеобитаемого слоя. Это явление тем более пагубно, что оно проявляется незаметно для земледельца и имеет тенденцию прогрессирующего нарастания.

. Повышение плотности почвы, вызванное воздействием движителей сельскохозяйственных машин, приводит к увеличению ее твердости в 2–3

раза. Кроме того, удельное сопротивление при обработке пахотного слоя после прохода тракторов возрастает на 15–65 процентов, а транспортных средств и комбайнов — на 60–90 процентов. При этом в результате многократного осуществления вспашки уплотнение накапливается как в пахотном, так и в подпахотном горизонте. Сильное спрессовывание грунта и образующиеся после прохода аграрных машин колеи могут приводить к плохой заделке семян, по причине чего значительно снижается биологический урожай сельскохозяйственных культур.

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

На основе изучения почв Западного Предкавказья установлено, что максимальные урожаи сельскохозяйственных культур получают на черноземах с плотностью в горизонте АВ порядка 1,30–1,35 г/см³. Поэтому граница оптимальных значений плотности нижней толщи почвы определяется величиной 1,35. Последовательное увеличение плотности почвы ведет к постепенному снижению урожайности (табл. 2). Обычно увеличение плотности почвы в ее корнеобитаемом слое на 0,1 снижает урожай зерновых культур на 10–15 % (Иванов, Стойнев).

Таблица - Снижение продуктивности черноземов по мере возрастания плотности горизонта АВ

Плотность	Продуктивность	Плотность	Продуктивность
1,35	1,00	1,53	0,75
1,40	0,94	1,60	0,69
1,40	0,87	1,65	0,64
1,50	0,82	1,70	0,58

По причине вредного воздействия ходовых систем машинно-тракторных агрегатов на пахотные участки снижается урожайность сельскохозяйственных культур в следах тракторов: зерновых — на 10–15 процентов, а корне- и клубнеплодов — на 20–30 процентов. При этом суммарная площадь отпечатков движителей МТА обычно почти в два раза превышает размеры обрабатываемой поверхности

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

Плотность почвы оказывает влияние на численность микроорганизмов, на биологическую активность почвы. Нормальный газообмен нарушается при плотности более 1,45 г/см³. Начинает проявляться анаэробизис. Это вызывается сокращением количества макро пор и крупных капилляров, подавляется диффузия воздуха и газообмен между почвой и атмосферой. В почвах резко снижается содержание кислорода. Меняется направление биологического превращения веществ, подавляется разложение органического вещества.

Таблица - Нормальные и предельно допустимые величины плотности для роста корней плодовых культур на легких почвах (Ващенко)

Генетические горизонты	Плотность, г/см ³			
	оптимум	допустимая	критическая	корни не растут
А – В1	менее 1,40	1,50	более 1,60	–
В2 – Вк	менее 1,50	1,50–1,65	1,65–1,70	1,77–1,85
С	менее 1,60	1,60–1,65	1,75–1,80	1,82–1,90

Важное значение имеет оценка плотности почвы для плодовых насаждений. Критическая величина зависит от механического состава почвы. Для тяжелых почв она меньше, для легких несколько больше (табл. 3). При выборе участков под различные группы плодовых насаждений учитывается неодинаковое уплотнение почв. По отрицательной реакции на уплотнение плодовые деревья располагаются в следующем порядке: черешня, абрикос, груша, яблоня, слива, вишня. Наиболее чувствительна к уплотнению черешня и менее всего — слива и вишня.

Максимальная продуктивность всех плодовых пород на тяжелых по механическому составу почвах наблюдается при величине плотности равной или меньше 1,35, на легких — 1,40 г/см³. Изучение многолетней урожайности плодовых деревьев на почвах с разным уплотнением позволило определить уровень плодородия почв в зависимости от этого показателя (табл. 4).'

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

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

Машинная деградация приводит к переуплотнению почв, разрушению их структуры, снижению биологической активности. Различные растения неодинаково реагируют на степень уплотнения почвенного профиля. Ус-

тойчивее к уплотненности почв подсолнечник, люцерна, рис, слива, вишня. Очень рыхлых почв требуют овощные культуры, черешня, кукуруза, виноград. Экологическая граница между оптимальной и негативной плотностью условно находится в пределах 1,35–1,45 г/см³ при плотности выше 1,45 качество земли ухудшается, а при плотности ниже 1,35 — условия для развития корневых систем оптимальны.

Результаты исследований на разных типах почв показали, что степень уплотняющего воздействия ходовых систем на грунт можно оценивать с помощью величины плотности верхнего горизонта, характера распределения сжатия почвы по глубине и высотой уплотняемого слоя. При этом большее количество осей у сельскохозяйственных машин приводило к уменьшению уровня прессования верхнего слоя грунта.

Как снизить уплотнение почвы

Есть мнение, что решить проблему уплотнения почвы можно, если снизить среднее удельное давление колес на почву до 0,15 кг/см². Пока что сделать это, не используя гигантских и не всегда удобных шин, не удастся. Решением для многих фермеров стала система Controlled Traffic Farming (CTF), которая сокращает уплотнение почвы до минимума благодаря постоянным технологическим колеям и позволяет повысить экономическую эффективность использования полевого транспорта (фото 3).



Фото 3. Выгрузка зерна комбайном в грузовик, движущийся по соседней технологической колее

Система «Controlled Traffic Farming» была разработана в 70-е годы в Великобритании. Земледелие с использованием постоянной технологической колеи или, как его называют зарубежные исследователи, управляемым движением по полям – это отделение зон движения от зон возделывания растений. На практике это означает, что одни и те же колесные колеи используются для обработки почвы, посадки растений, опрыскивания и уборки. При этом колеса всех тракторов и машин установлены на одну и ту же ширину колеи

У большинства фермеров, которые не используют движение техники по постоянным колеям, ширины колеи машин разные и двигаются они по полю в разных направлениях, что приводит к покрытию следами колес более 80% площади поля.

Переход к технологии no-till, при которой используется меньше агротехнических операций, а, следовательно, и требуется меньше проходов техники по полям, сокращает площадь следов машин на поле до 46%.

Использование постоянной технологической колеи и настройка ширины колеи у всех машин на один размер позволяет сократить площадь следов на поле до 14%.



Рис. 2. Площадь покрытия поля следами колес

Многолетние исследования и анализ систем проезда техники, контролируемого в рамках СТФ, в разное время были проведены в Австралии, Германии, Чехии. При этом проводилось наблюдение за такими факторами, как повышение инфильтрации воды, формирование более рыхлой структуры почвы, беспрепятственный газообмен, улучшение полевой всхожести, более интенсивное прорастание корней и более стабильная урожайность. Согласно их результатам, кроме снижения уплотнения в корнеобитаемой зоне почвы имеет место лучшая доступность питательных веществ и воды для растений. Улучшение структуры почвы означает увеличение объема кислорода в почвенном воздухе. За счет открытых почвенных пор система позволяет воспрепятствовать эрозии почвы и смыву питательных веществ. Согласно исследованиям европейских ученых и практическим результатам в хозяйствах, в зависимости от сокращения доли площадей, по которым совершается проезд техники, возможно увеличение урожайности до 10 процентов.

Преимущества системы земледелия с постоянной технологической колеей:

- ниже стоимость выполнения агротехнических операций из-за уменьшения потребления топлива, затрат времени и труда, экономии на семенах, опрыскивании и удобрении, 10–25% экономии может быть получено сразу;

- меньше эрозия почвы, и она лучше удерживает влагу, что обеспечивается правильно выбранным направлением рядов;

- позволяет проводить междурядную посадку растений, их культивацию и подкормку удобрениями;

- сочетается прямым посевом и дает возможность получить максимальную прибыль от нее;

- улучшает управление точными сельскохозяйственными орудиями и системами;

— растет производительность.

Даже во время культивации можно ожидать 50% экономии топлива от использования постоянной технологической колеи. Потери урожая от незасаженных колеи зависят от расстояния между ними. Но урожайность на «нетоптанных» площадях выше.

Комбайн, модифицированный под систему земледелия с технологической колеей, движется быстрее, чем по обычному полю, и, имея лучшее сцепление с почвой, потребляет меньше топлива

Можно еще больше снизить площадь покрытия поля следами колес, если увеличить расстояние между технологическими колеями.[10]

Системы. Описанные выше не всегда можно внедрять в условиях Иркутской области, однако переуплотнение почвы нельзя считать неизбежным, для его предотвращения необходимо. Борьбу с переуплотнением почвы возможно проводить при помощи следующих методов:

- при ранневесеннем бороновании применять только гусеничные тракторы, имеют небольшое давление на грунт;
- применять минимизацию обработки, сочетание операций, уменьшение глубины разрыхления, увеличение ширины захвата агрегатов;
- все работы по возделыванию сельскохозяйственных культур проводить при физической спелости почвы и его влажности 20-22%;
- предпочтительно использовать гусеничные тракторы, ограничивать применение колесных тракторов типа К-700;
- исключать проходы сельскохозяйственных агрегатов и других машин по полю без надобности;
- заправлять агрегаты семенами, удобрениями, топливом только на краю поля без заезда на него транспортных средств;
- широко применять маршрутизацию движения машинно-тракторных агрегатов при выращивании сельскохозяйственных культур, то есть большинство технологических операций выполнять при движении агрегатов по одним и тем же путям;

- разрыхлять и заравнивать следы от колес тракторов и сельскохозяйственных машин;
- для повышения устойчивости почв против уплотнения шире применять обычные приемы окультуривания (внесение органических удобрений, кальцийсодержащих мелиорантов и др.), мульчирование поверхности почвы.[11]

14. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, рекомендуемой для прохождения практики

а) основная литература:

1. Земледелие [Текст] : учеб.для вузов по направлениям и спец. агроном. образования / Г. И. Баздырев [и др.] ; под ред. Г. И. Баздырева. - М.: ИНФРА-М, 2013. - 607 с.
2. Земледелие [Текст] : практикум : учеб.пособие для вузов по агроном. спец. / И. П. Васильев [и др.]. - М.: ИНФРА-М, 2013. - 423 с.
3. Растениеводство : учеб. для вузов / Г. С. Посыпанов [и др.] ; под ред. Г. С.Посыпанова, 2007. - 612 с.
4. Таланов, Иван Павлович. Практикум по растениеводству : учеб. пособие длявузов / И. П. Таланов, 2008. - 279 с.
5. Дубачинская, Нина Никоноровна. Технология производства продукции растениеводства. [Электронный ресурс] / Дубачинская Н.Н., 2011. - 329 с. - Режим доступа: <http://rucont.ru/efd/205015>
6. Агрэкология / В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев и др.; Под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. – М.: Колос, 2000
7. Агрэкология. Методология, технология, экономика / В. А. Черников, И. Г. Грингоф, В. Т. Емцев и др. Под ред. В. А. Черникова, А. И. Чекереса. – М.: КолосС, 2004
8. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996
9. Черников В.А., Милащенко Н.З., Соколов О.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Книга 3. Устойчивость почв к антропогенному воздействию. Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2001
10. Черников В.А., Соколов О.А. Экологически безопасная продукция. – М.: КолосС, 2009.

б) дополнительная литература:

1. Адаптивные технологии производства продукции растениеводства в системах земледелия Приангарья [Текст] : (агротехн. рек.) / В. И. Солодун [и др.] ; ред. и сост. В. А. Останин ; Иркут. науч.-исслед. ин-т сел. хоз-ва, Иркут. гос. с.-х. акад. - Иркутск : ИрГСХА : ИНИИСХ, 2009. - 154 с.
2. Антоний А.К. Зернобобовые культуры на корм и семена /А.К. Антоний, А.П. Пылов. –Л.: Колос, 1980. –221 с.
3. Брикман В.И. Рапс, сурепица и редька масличная в Восточной Сибири /В.И. Брикман, А.С. Евтеев, С.А. Юргин. -М.: Росагропромиздат, 1989. –57 с.
4. Вавилов П.П. Новые кормовые культуры /П.П. Вавилов, А.А. Кондратьев – М.: Россельхозиздат, 1975. – 350 с.
5. Воронцова В.П. Яровая пшеница в Восточной Сибири - М.: Россельхозиздат, 1987. –79 с.
6. Гатаулина Г.Г. Практикум по растениеводству/ Г.Г. Гатаулина, М.Г. Обьедков –М.: Колос, 2000. –216 с.

7. Дмитриев В. Е. Частное растениеводство полевых культур.] : учеб. пособие для вузов / В. Е. Дмитриев. - Красноярск : Изд-во КГАУ, 2006. - 265 с.
8. Зернобобовые культуры: Учебно-практическое руководство по выращиванию зерновых культур /Шпаар Д., Элмер Ф., Постников А., и др.; Под общ. ред. Д. Шпаара. –Минск: ФУАинформ, 2000. –264 с.
9. Зерновые культуры /Д. Шпаар, Ф. Элмер, А. Постников и др.; Под общ. ред. Д.Шпаара – Минск: ФУАинформ, 2000. – 421с.
10. Иваненко А.С. Озимая рожь в Сибири – М.: Колос, 1983. –99 с.
11. Иванов А.И. Люцерна – М. : Колос, 1980. –349 с.
12. Интенсивные технологии возделывания полевых культур в Иркутской области: Учебное пособие /Иркутск: ИСХИ, 1991. –200 с.
13. Картофель: Учебно-практическое руководство по выращиванию картофеля /Д. Шпаар, В. Иванюк, П. Шуман и др.; Под общ. ред. Д. Шпаара Минск: ФУАинформ, 1999. – 217 с.
14. Кобылянский В.Д. Рожь: Генетические основы селекции – М.: Колос, 1982. – 271 с.
15. Кормовые корнеплоды / В.Н. Киреев, А.В. Петров, М.А. Мельникова, И.С. Дергунов – М.: Колос, 1975. –192 с.
16. Кукуруза: Учебно-практическое руководство по выращиванию кукурузы /Д. Шпаар, В. Шлапунов, А. Постников и др.; Под общ. ред. В.А. Щербакова. –Минск: ФУАинформ, 1999. – 192 с.
17. Майсурян Н.А. Растениеводство (лабораторные занятия). – М.:Сельхозгиз, 1960. –384 с.
18. Машины для возделывания сельскохозяйственных культур [Текст] : учеб. пособие для вузов / сост. С. Г. Щукин [и др.]. - Новосибирск : Изд-во НГАУ, 2011. - 124 с. : ил.
19. Мальцев В.Т. Основы ресурсосберегающего земледелия Приангарья: Методические рекомендации /В.Т. Мальцев, Ф.С. Султанов, В.А. Останин и др. –Иркутск: Вост. – Сиб. изд. компания, 2001. –176 с.
20. Макарова Г.И. Многолетние кормовые травы Сибири – Омск: Западно-Сибирское кн. изд-во. Омское отделение, 1974. –248 с.
21. Макашѐва Р.Х. Горох - Л.: Колос, 1973. –312 с.
22. Медведев П.Ф. Кормовые растения европейской части СССР /П.Ф. Медведев, А.И. Сметанникова - Л.: Колос, 1981. – 336 с.
23. Растениеводство /Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов, Г.В. Коренев и др.; Под ред. Г.С. Посыпанова. – М.: Колос, 1997. –448 с.
24. Сагирова Р.А. Возделывание кукурузы в Иркутской области. Иркутск: ИрГСХА, 2011. – 19 с.
25. Сельскохозяйственная техника: каталог. - М. : Росинформагротех, 2005. Т. 1 . Техника для растениеводства. - 291 с.
26. Сельскохозяйственная техника: каталог. - М. : Росинформагротех, 2005. Т.2. Техника для растениеводства. - 2007. - 284 с.
27. Сельскохозяйственная техника: каталог. - М. : Росинформагротех,

2005 Т.3 : Техника для растениеводства. - 2007. - 235 с.

28. Хуснидинов, Шарифзян Кадинович. Нетрадиционные сидеральные культуры и плодородие почв Прибайкалья / Ш. К. Хуснидинов, 1999. - 187

29. Якименко А.Ф. Гречиха – М.: Колос, 1982. –196 с.

30. Баздырев, Г. И. Земледелие / Г.И. Баздырев, В.Г. Лошаков, А.Я. Рассадин. – М.: КолосС, 2008.- 608 с.

31. Васильев, И.П. Практикум по земледелию / И.П. Васильев, А.М. Туликов, Г.И. Баздырев и др.-М.: Колос, 2004 - 424 с.

32. Баздырев, Г.И. Защита сельскохозяйственных культур от сорных растений / Г.И. Баздырев. - М.: КолосС, -2004.

33. Солодун, В.И. Механическая обработка почвы и ее научное обоснование в Предбайкалье / В.И. Солодун. – Иркутск, Изд-во ИрГСХА, 2009. – 200 с.

34. Филиппов, А.С. Методическое пособие к лабораторно-практическим занятиям по агрофизике почв / А.С. Филиппов, Ю.А. Доманский, А.М. Зайцев. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2002. – 54 с.

35. Филиппов, А.С. Сорные растения Приангарья и меры борьбы с ними / А.С. 65. Филиппов, Ю.А. Доманский, М.С. Горбунова, А.М. Зайцев. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2002. – 180 с.

36. Дмитриев, Василий Васильевич. Прикладная экология: учеб. для вузов/ В. В. Дмитриев, А. И. Жиров, А. Н. Ласточкин. - М. : Академия, 2008. - 600 с.

37.Хаскин, Владлен Владимирович. Экология человека:учеб. пособие для вузов/ В.В. Хаскин, Т. А. Акимова, Т. А. Трифонова. - М. : Экономика, 2008. - 367 с

38. Иванова, Е.П. Практикум по сельскохозяйственной экологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.П. Иванова. — Электрон. дан. — Усурийск : Приморская ГСХА, 2015. — 139 с.

39. Коростелёва, Л.А. Основы экологии микроорганизмов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.А. Коростелёва, А.Г. Кощаев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 240 с.

40. Лопырев М.И., Макаренко С.А. Агроландшафты и земледелие. – Воронеж, 2001

41. Минеев В.Г., Ремпе Е.Х. Агрохимия, биология и экология почвы. – М., 1990

42. Милащенко Н.З., Соколов О.А., Брайсон Т., Черников В.А. Устойчивое развитие агроландшафтов. Т. 1, 2. – Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2000

43. Околелова, А.А. Экологическое почвоведение и законы экологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Околелова, В.Ф. Желтобрюхов, Г.С. Егорова. — Электрон. дан. — Волгоград : Волгоградский ГАУ, 2017. — 220 с.

44. Реймерс Н. Ф. Природопользование. Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990

45. Сельскохозяйственная экология / Н.А. Уразаев, А.А. Вакулин, В.И.

Марымов и др. – М.: Колос, 2000

46. Соколов О.А., Бубнова Т.В. Атлас распределения нитратов в растениях. – Пушкино, 1989

47. Соколов О.А., Черников В.А. Атлас распределения тяжёлых металлов в объектах окружающей среды. Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1999

48. Химическое загрязнение почв и их охрана. Словарь-справочник / Сост. Д. С. Орлов и др. – М.: Агропромиздат, 1991

49. Экологический энциклопедический словарь – М.: Издат. Дом «Ноосфера»

Перечень ресурсов сети «Интернет»

№ п/п	Наименование ресурса	Адрес в Интернет
1	Портал Сибирского регионального отделения РАСХН	http://www.sorashn.ru
2	Портал Российской академии сельскохозяйственных наук	http://www.agroacadem.ru
3	Официальный интернет портал МСХ РФ	http://www.mcx.ru/
4	Центральная научная сельскохозяйственная библиотека Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ЦНСХБ Россельхозакадемии)	http://www.cnshb.ru
5	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения Российской академии наук	http://www.spsl.nsc.ru
6	Российский центр сельскохозяйственного консультирования(база данных информационных ресурсов)	http://mcx-consult.ru
7	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru/defaultx.asp
8	Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономические значимые растения, их болезни, вредители и сорные растения	http://www.agroatlas.ru

Литература:

1. Агрэкология/ В.А. Черников и др.; Под ред. Черникова, А.И. Чекереса.- М.:Колос, 2000. – 563 с.
2. Горышина Т.К. Экология растений / Т.К. Горышина.- М.: Высшая школа, 1979. – 368с.
3. Дёмкина Т.С. Сравнительная оценка почв по активности продуцирования CO₂/ Т.С. Демкина, Н.Д. Ананьева, Д.Б. Орлинский.// Почвоведение.-1997.-№5.-С.564-569.
4. Ландина М.М. Почвенный воздух / М.М. Ландина. - Новосибирск: Наука, 1992,-169 с.
5. Помазкина Л.В. Динамика выделения CO₂ серой лесной почвы в лесостепи Прибайкалья / Л.В. Помазкина, Е.В. Лубнина, С.Ю. Зорина и др. // Почвоведение.-1996.-№12.-С. 1454-1458.
6. Практикум по почвоведению/ Н.Ф. Ганжара и др.; Под ред Ганжара,Н.Ф., Борисова, Б.А., Байбекова, Р.Ф. - М.:Агроконсалт, 2002. – 280 с.
7. Часовенная, А. А. Основы агрофитоценологии / Ленингр. гос. ун-т им. А. А. Жданова. - Ленинград : Изд-во Ленингр. ун-та, 1975. - 188 с.
8. Шарков И.Н. Определение интенсивности продуцирования CO₂ адсорбционным методом/ И.Н. Шарков. Почвоведение. – 1984. - №7. – С 136-143.
9. Агрофитоценоз и его отличия от естественного фитоценоза
<https://agroinf.com/zemledeliye/nauchnyye-osnovy-zemledeliya/agrofitocenozi-ego-otlichiya-ot-estestvennogo-fitocenoza.html>
(07.05.2019)
10. Влияние сельхозтехники на плотность почвы/ В. Г. Кушнир и др.
<http://www.agbz.ru/articles/vliyanie-selhoztehniki-na-plotnost-pochvyi>(07.05.2019)

11. Как снизить уплотнение почвы

http://agropraktik.ru/blog/precision_agriculture/238.html (07.05.2019)

12. <http://kadastr.org/conf/2012/pub/monitprir/pereuplotnenie-pochv.htm>
(07.05.2019)

13. Агроэкология: учебное пособие для занятий студентов (магистров) направлений подготовки 35.04.03, 35.04.04, 21.04.02 / Иркутский ГАУ; сост.: Дмитриева Е.Ш., Матвеева Н.В. – Иркутск, 2018. - 117с.

Министерство сельского хозяйства РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»

**План учебной практики по получению
первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности**

Студент(ка) _____

Направление подготовки _____

Профиль _____

Группа _____

Факультет(институт) _____

Молодежный, 201_____

Министерство сельского хозяйства РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»

Кафедра _____

ОТЧЕТ
о учебной практике
по получению первичных умений и навыков
научно-исследовательской деятельности

в период с «___» _____ 201_ г. по «___» _____ 201_ г.

в _____

(место прохождения практики: _____)

Выполнил _____ Ф.И.О.

студент(очной, заочной) формы обучения груп-

пы _____ курса _____

Руководитель практики от кафедры _____

Дата защиты отчета: «___» _____ 201_ г.

Оценка _____

Молодежный 201_

