

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

Е.Н. Белоусова

РЕГИОНАЛЬНАЯ АГРОХИМИЯ

Рекомендовано учебно-методическим советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет» для внутривузовского использования в качестве учебного пособия для обучающихся по направлению подготовки 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение», направленность (профиль) «Агроэкология»

Электронное издание

Красноярск 2022

ББК 35.32я73

Б 43

Рецензенты:

*Ю.Н. Трубников, д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник
лаборатории космических систем и технологий ФИЦ КНЦ СО РАН*

*А.А. Колмаков, заведующий специализированной лабораторией
ФГБУ «Россельхозцентр» по Красноярскому краю*

Б 43 **Белоусова, Е.Н.**

Региональная агрохимия [Электронный ресурс]: учеб. пособие /
Е.Н. Белоусова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2022. – 215 с.

В учебном пособии изложено содержание основных разделов и методических подходов к проведению лабораторных работ, предложен материал для контроля знаний (задания, упражнения, тесты). Приводится перечень ситуационных заданий. В приложениях даны вспомогательные материалы для расчета необходимых показателей.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение», направленность (профиль) «Агроэкология».

ББК 35.32я73

© Белоусова Е.Н., 2022

© ФГБОУ ВО «Красноярский государственный
аграрный университет», 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
МОДУЛЬ 1. ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В СРЕДНЕЙ СИБИРИ	7
Лабораторная работа 1. Диагностика провинциальных особенностей почв земледельческой части Красноярского края	57
Основные теоретические положения	57
Содержание задания	75
Лабораторная работа 2. Агрохимическая оценка почв земледельческой части Красноярского края	85
Основные теоретические положения	85
Содержание задания	100
Лабораторная работа 3. Баланс гумуса в севообороте и потребность в органических удобрениях	103
Основные теоретические положения	103
Содержание задания.....	105
Лабораторная работа 4. Накопление, использование органических удобрений и технология их внесения	109
Основные теоретические положения	109
Содержание задания	114
Семинар 1. Особенности применения органических удобрений	116
МОДУЛЬ 2. ПОТРЕБНОСТЬ В ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВАХ И ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КУЛЬТУРНЫМИ РАСТЕНИЯМИ ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЙ	117
Лабораторная работа 5. Определение баланса элементов питания в севообороте и уровня возмещения выноса из почвы удобрениями	117
Основные теоретические положения	117
Содержание задания	119
Лабораторная работа 6. Прогнозирование потребности культур севооборота в минеральных удобрениях	120
Основные теоретические положения	120
Содержание задания	125
МОДУЛЬ 3. АГРОХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ	129
Лабораторная работа 7. Обоснование и выбор форм и видов удобрений для культур севооборота с учетом свойств почв и особенностей почвенно-климатической зоны	129
Основные теоретические положения	129
Содержание задания	151
Лабораторная работа 8. Рациональное распределение удобрений в севообороте	154
Основные теоретические положения	154

Содержание задания	162
Лабораторная работа 9. Приемы и технологии внесения минеральных удобрений севооборота и отдельных культур	164
Основные теоретические положения	164
Содержание задания	185
ИТОГОВЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ	187
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	195
ЛИТЕРАТУРА	196
ПРИЛОЖЕНИЕ	202

ВВЕДЕНИЕ

Земледельческая территория Красноярского края распространяется южнее 60° с.ш. по межгорным котловинам вдоль р. Енисей, Чулым, Кан и их притоков. Она интенсивно преобразована хозяйственной деятельностью человека: 7,2 % площади природных экосистем полностью разрушены, 2,6 % занимают интенсивно используемые леса, 4,4 % – сенокосы и пастбища, 7,4 % – пахотные массивы. Почвенно-климатические условия и экологический потенциал достаточно благоприятны для возделывания многих полевых культур. Однако недостаток тепла, атмосферного увлажнения и запасов продуктивной влаги в почве (в 20-30 % лет отмечаются неудовлетворительные запасы почвенной воды), короткий период биологической активности ограничивают интенсивность почвенных режимов, урожайность культур, усложняют применение удобрений и снижают их эффективность [Чупрова, 2011].

Почвенный покров региона отличается комплексностью и пространственной мезо- и микроизменчивостью свойств почвы, что затрудняет применение однообразия технологических операций в пределах даже одного поля. Пространственное варьирование признаков и свойств почв не отражается на имеющихся вариантах почвенных карт, поэтому переход на адаптивно-ландшафтные системы земледелия и наукоемкие технологии обуславливает и смену карт на «почвенно-ландшафтные». Такие карты имеют агроэкологическую направленность и содержат все агроэкологически значимые характеристики.

Возделывание сельскохозяйственных культур в земледельческой зоне Красноярского края производится в условиях рискованного земледелия. Здесь действие природных факторов риска снижает продуктивность растениеводства на 50-70 %, поэтому применение удобрений является огромным резервом регулирования плодородия почв и получения устойчивого урожая.

На фоне обострившихся в настоящий период проблем и вызовов (глобальные изменения природной среды, дефицит продовольствия и энергии, деградация почв, утрата биоразнообразия и устойчивости

экосистем) важны новые знания, отражающие специфичность почв региона и направленные на оптимизацию их использования.

Дисциплина «Региональная агрохимия» предназначена для студентов направления подготовки 35.03.03 «Агрохимия и агропочвоведение». В предлагаемом учебном пособии рассматривается теоретический и практический материал по почвенно-географическому районированию, провинциальным особенностям функционирования почв на территории Сибири в пределах Красноярского края. Изучение особенностей почвенного покрова территории позволяет оценить их плодородие, разработать способы его воспроизводства в условиях антропогенного воздействия.

МОДУЛЬ 1. ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Основные теоретические положения

Земледельческая территория Красноярского края имеет сложное геоморфологическое строение, формирование которого связано с тектоническими движениями земной коры и экзогенными процессами. Ее западная часть является юго-восточной окраиной Западно-Сибирской равнины (до р. Енисей), восточная – юго-западной частью Среднесибирского плоскогорья, южная занимает горы Южной Сибири, межгорные впадины и котловины.

В целом земледельческая территория региона относится к суббореальному термическому поясу и семиаридной климатической области (центральная лесостепная и степная область серых лесных, черноземных и каштановых почв по Ершову, 2000). По природным условиям сельскохозяйственная зона края очень неоднородна, что обусловлено широтной зональностью и наличием горных систем, в результате природные зоны не имеют сплошного простираения. Территория сложена островными лесостепями на севере, степями на юге и таежно-лесной растительностью в горах Саян. Расположение лесостепей в межгорных понижениях из-за изменения высотных отметок к периферии приводит к изменению тепло- и влагообеспеченности, т.е. в пределах лесостепных островов природные условия неоднородны, что вызывает необходимость проведения районирования при их оценке.

За основу районирования земледельческой части края принят геоморфологический (природный) *округ* в каждой из трех физико-географических стран. Под округом понимается территория, орографически обособленная от остальных природных округов горными системами и их отрогами. В лесостепной зоне природный округ представляет собой островную лесостепь с окружающей ее подтайгой. Географические названия регионов сохранены: лесостепным округам они даны по названию основных лесостепей. Центральная степная и лесостепная области занимают большую часть Хакасско-Минусинских котловин (Назаровская, приенисейские части Чулымо-Енисейской, Сыдо-Ербинской, Минусинской) предсаянские предгорные впадины (Канская, Красноярская, Ачинско-Боготольская) [Крупкин, Пахтаев, Топтыгин, 1993].

При горизонтальной зональности и вертикальной поясности происходит параллельное изменение климата, растительности и почвенного покрова. С учетом интегрального значения почвенного покрова среди природных факторов для более объективного разграничения геоморфологических округов на природные зоны и подзоны используются различия в структуре их почвенного покрова (табл. 1).

Общепризнанно, что для степной зоны наиболее характерны южные и обыкновенные, в основном маломощные черноземы; для подзоны южной лесостепи – преобладание обыкновенных черноземов над выщелоченными при очень малом количестве серых лесных почв; для подзоны типичной лесостепи – преобладание выщелоченных черноземов над обыкновенными, наличие значительного количества серых, в основном темно-серых лесных почв и черноземов оподзоленных, для подзоны северной лесостепи – примерно равное количество черноземов выщелоченных и темно-серых лесных почв, малое количество черноземов обыкновенных и повышенное – оподзоленных, присутствие дерново-подзолистых почв; для зоны подтайги – господство серых лесных почв при значительном удельном весе дерново-подзолистых почв, малом количестве черноземов выщелоченных и оподзоленных; в таежной зоне – дерново-подзолистые почвы при существенном весе светло-серых и серых лесных почв.

Одноименные интразональные почвы (луговые, болотные, пойменные) могут встречаться в разных зонах.

В соответствии с изложенными принципами проведены границы между природными округами, зонами и подзонами (рис. 1). Перечень природных округов и основные климатические показатели выделенных таксонов природного районирования характеризуемой территории приведены в таблицах 1,2. Весьма существенно отличается по количеству тепла и влаги степная зона от лесостепных зон всех округов. Одноименные подзоны лесостепной зоны разных природных округов существенно различаются друг от друга. Наиболее теплыми являются подзоны Южно-Минусинской лесостепи, наиболее холодными – Чулымо-Енисейской. Подтаежные зоны в среднем более холодные по сравнению со смежными лесостепными.

Таблица 1 – Структура почвенного покрова распаханых массивов в разных природных зонах и округах Красноярского края, %

Почвы	Лесостепная зона, округ					Южно-Минусинский округ	
	Канский	Ачинский	Красноярский	Назаровский	Чулымо-Енисейский	Лесостепь	Степь
1. Дерново-подзолистые	-	-	0,4	-	-	-	-
2. Дерново-карбонатные	-	-	-	-	0,32	-	-
3. Дерново-выщелоченные	-	-	-	-	-	-	-
Всего дерновых	-	-	0,4	-	0,32	-	-
4. Светло-серые	-	0,02	-	-	-	0,01	-
5. Серые	4,1	1,5	8,8	1,25	0,22	1,48	-
6. Темно-серые	19,3	9,1	10,5	5,05	1,79	3,02	-
Всего серых лесных	23,4	10,7	19,3	6,3	2,0	4,51	-
7. Черноземы оподзоленные	8,8	13,9	3,5	4,5	1,8	5,48	-
8. Черноземы выщелоченные	41,41	56,13	38,92	64,1	26,61	58,11	10,18
9. Черноземы обыкновенные	17,62	4,42	26,83	19,8	59,05	24,75	46,92
10. Черноземы карбонатные	-	-	0,46	2,06	7,26	1,30	6,50
11. Черноземы южные	-	-	-	-	0,16	-	35,93
12. Черноземы солонцеватые	0,44	-	0,11	-	0,58	0,68	0,47
Всего черноземов	68,32	74,48	69,39	90,51	95,46	89,72	100
13. Каштановые	-	-	-	-	-	-	-
14. Солонцы + солончаки	-	-	-	-	-	0,1	-
15. Луговые	5,36	12,30	6,58	2,95	1,12	2,33	-
16. Болотные	0,13	0,20	0,45	-	0,30	0,12	-
17. Пойменные	2,64	2,35	3,16	0,14	0,60	2,96	-
18. Прочие	0,13	-	0,67	0,12	0,19	0,35	-
Итого	100	100	100	100	100	100	100

В пределах каждой подзоны наблюдаются различия по характеру рельефа и обводненности территории, которые влияют на возможность ведения сельскохозяйственного производства. В связи с этим в пределах каждой зоны и лесостепных подзон выделены ландшафты – территории, различающиеся друг от друга в основном по характеру рельефа и степени обводненности.

Кадастровые номера административных районов

1. Абанский	22. Краснотуранский
2. Ачинский	23. Курагинский
3. Балахтинский	24. Манский
4. Березовский	25. Минусинский
5. Бирилюсский	26. Мотыгинский
6. Боготольский	27. Назаровский
7. Богучанский	28. Нижнеингашский
8. Большемуртинский	29. Новоселовский
9. Большеулуйский	30. Партизанский
10. Дзержинский	31. Пировский
11. Емельяновский	32. Рыбинский
12. Енисейский	33. Саянский
13. Ермаковский	34. Северо-Енисейский
14. Идринский	35. Сухобузимский
15. Иланский	36. Тасеевский
16. Ирбейский	37. Туруханский
17. Казачинский	38. Тюхтетский
18. Канский	39. Ужурский
19. Каратузский	40. Уярский
20. Кежемский	41. Шарыповский
21. Козульский	42. Шушенский

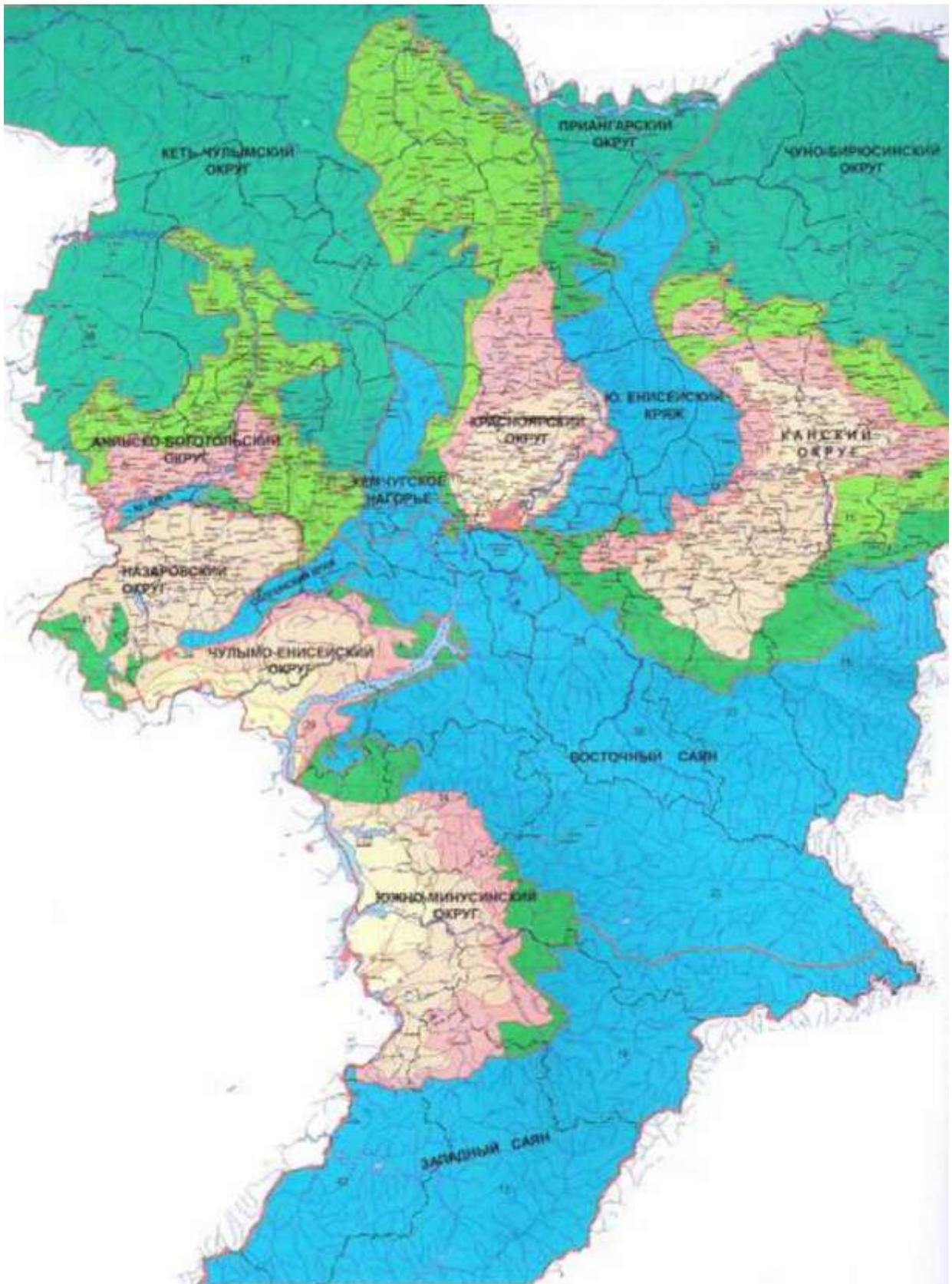


Рисунок 1 – Карта природного районирования земледельческой части Красноярского края

Таблица 2 – Природное районирование земель сельскохозяйственной части Красноярского края
и основные климатические показатели

Природный округ	Природная зона	Подзона	Площадь, тыс. га	Климатические показатели					ГТК
				Сумма температур, > 10 °С	Длина периода с температурой, дней		Осадки, мм		
					> 10 °С	безморозный	год	период с t > 10 °С	
Физико-географическая страна – Среднесибирское плоскогорье									
Канский	Лесостепь	Южная	73	1818	113	107	359	182	1,00
		Типичная	920	1660-1695	106-108	90-115	380-450	185-230	1,10-1,44
		Северная	540	1560	103	84	390	209	1,34
	Подтайга	Равнинная	704	1478-1579	96-103	60-74	422-445	177-183	1,11-1,24
		Предгорная	656						
Красноярский	Лесостепь	Южная	85	1790-1913	114-122	113-118	349-378	213-237	1,11-1,32
		Типичная	302	1627	104	87	373	191	1,12
		Северная	390	1610	104	89	426	200	1,24
	Подтайга	Равнинная	1207	1588	103	91	481	197	1,24
Ачинско-Боготольский	Лесостепь	Северная	321	1675-1697	110-111	102-113	470-485	218-228	1,28-1,36
	Подтайга	Равнинная	977	1610-1692	105-109	101-108	468-495	208-228	1,27-1,35
Физико-географическая страна – горы и межгорные котловины Южной Сибири									
Назаровский	Лесостепь	Типичная	755	1660-1684	105-112	105-110	430-450	240-260	1,29-1,55
	Подтайга	Предгорная	132	1570-1580	103-107	103-105	450-480	260-280	1,40-1,60
Чулымо-Енисейский	Лесостепь	Южная	154	1610	106	105	364	207	1,29
		Типичная	338	1535-1570	101-103	86-92	405-455	208-214	1,36
Южно-Минусинский	Степь	Типичная	144	2170-2340	115-122	108-109	332-351	201-203	0,99-1,10
	Лесостепь	Южная	204	2039	115-122	109	332-351	201-203	0,99
		Типичная	584	1740-1915	113-120	97-108	387-467	220-270	1,26-1,45
		Северная	472	1760	120	108	(562)	270	1,41
	Подтайга	Северная	472	1760	120	108	(562)	270	1,41

Характеристика природных округов

Канский природный округ

Канский природный округ расположен в восточной части края и является наиболее крупным (2892 тыс. га). В округе выделяются лесостепная и подтаежная зоны. Последняя разделяется на равнинную и предгорную.

Лесостепная зона

Канская лесостепь является самой крупной из всех лесостепных регионов края. Общая ее площадь 1533 тыс. га, площадь пашни 783 тыс. га. На территории лесостепи полностью или частично размещаются 12 административных районов, в том числе Тасеевский, Дзержинский, Абанский, Нижнеингашский, Иланский, Канский, Ирбейский, Рыбинский, Уярский, Саянский, Партизанский, Манский. Часть территорий перечисленных районов находится в подтаежно-таежных равнинных и предгорно-горных зонах.

Территория лесостепи представляет собой высокоподнятую и глубокорасчлененную холмисто-увалистую равнину, наиболее пониженную в центральной и северной частях. Высотные отметки увеличиваются от центра к периферии лесостепи, что обуславливает концентрическую зональность природных зон и подзон.

Почвенный покров лесостепной зоны Канского природного округа почти наполовину (49,9 % от общей площади) представлен черноземами, среди которых господствуют выщелоченные (37,4 %). Почти треть территории (32,4 %) занята серыми лесными почвами, среди которых преобладают темно-серые (21,5 %). Дерново-подзолистых почв в Канской лесостепи немного (2,1 %). По структуре почвенного покрова, как и по климатическим показателям и растительному покрову, в данной зоне четко выделяются три подзоны – северная, типичная и южная лесостепи, которые занимают соответственно 35,2; 60,0 и 4,8 % площади лесостепи.

В северной лесостепи фоновыми почвами являются серые лесные (43,1 % от площади подзоны) с преобладанием темно-серых (33,1 %). На северных, сильно залесенных склонах, преимущественно на легких породах, развиты дерново-подзолистые почвы. Черноземами занято 36,1 % площади подзоны. При этом выщелоченными черноземами (27,3 %) заняты открытые участки пологих склонов преимущественно южной экспозиции и плоские

открытые водоразделы. Оподзоленные черноземы (8,3 %) тяготеют к открытым северным склонам.

Среди интразональных почв наибольший удельный вес занимают торфяно- и торфянисто-болотные почвы (2,6 %) и лугово-черноземные (2,5 %). Пойменных почв в северной лесостепи немного (0,6 %), солонцеватые почвы отсутствуют.

В типичной лесостепи господствуют черноземы (56,2 % от территории подзоны) с абсолютным преобладанием выщелоченных (47,5 %). Черноземы оподзоленные (4,8 %) встречаются на северных склонах и в микропонижениях в комплексе с выщелоченными, обыкновенные (3,9 %) – на южных склонах и микроповышениях среди черноземов выщелоченных. Серые лесные почвы занимают около трети (31,6 %) площади подзоны. При этом светло-серые и серые лесные формируются под густыми смешанными лесами на склонах преимущественно северной экспозиции и на вершинах водоразделов, темно-серые (21,8 %) – под разреженным, преимущественно березовым, лесом на разных элементах рельефа. Дерново-подзолистые почвы в типичной лесостепи встречаются крайне редко.

Интразональных почв в данной подзоне несколько меньше, чем в северной лесостепи, в основном за счет уменьшения степени заболоченности. Встречаются здесь солонцеватые почвы (0,4 %), приуроченные к выходам на поверхность засоленных пород в пониженных элементах микрорельефа.

Территория южной лесостепи почти на две трети (64,0 %) занята черноземами с абсолютным преобладанием обыкновенных (49,8 %). Выщелоченные черноземы (12,3 %) здесь тяготеют к склонам северной экспозиции, встречаются они и в комплексе с черноземами обыкновенными, занимая мелкие микропонижения. Оподзоленных черноземов мало – 1,9 %. Они залегают в понижениях и под разреженными березняками на северных склонах. Серые лесные почвы занимают всего 4,3 % территории под лесной растительностью. В южной лесостепи, в отличие от двух других подзон, много интразональных почв (31,7 %), среди которых преобладают пойменные и лугово-черноземные почвы, приуроченные к поймам р. Кан, Рыбная, Усолка, Уря. Удельный вес заболоченных почв существенно ниже, чем в других подзонах, и они имеют место в основном на первых надпойменных террасах и в широких замкнутых понижениях. В южной лесостепи относительно много солонцеватых почв.

Характеристика ландшафтов

В лесостепной зоне Канского природного округа выделено 10 ландшафтов, из них в северной лесостепи – 4, в типичной – 4, южной – 2.

Северная лесостепь

Тасеево-Суховский ландшафт представляет собой изолированный со всех сторон лесостепной остров в зоне подтайги, расположенный в самой северной части Канской лесостепи. Он занимает широкие плоские междуречья трех левых притоков р. Усолка-Мурома, Хандала, Колон.

Дзержинско-Абанско-Ингашский ландшафт расположен южнее и юго-восточнее Тасеевского района и окаймляет типичную лесостепь с севера и востока.

Никольско-Шалинский ландшафт отделяет с запада типичную лесостепь от зоны подтайги.

Вершино-Рыбинский ландшафт представляет собой небольшой лесостепной остров в зоне травяных лесов юго-западнее основной территории Канской лесостепи.

Типичная лесостепь

Михайловско-Мокрушинский ландшафт находится в центрально-западной части Канской лесостепи, на западе он непосредственно примыкает к Енисейскому кряжу.

Архангельско-Иланский ландшафт расположен в центрально-восточной части Канской лесостепи на водоразделе рек Усолка-Кан-Пойма.

Ирбейско-Солянско-Успенский ландшафт – самый большой в Канской лесостепи. Он занимает четвертую часть округа. Основная часть ландшафта расположена в полупетле, которую образует р. Кан на водоразделах Кан – Большая Уря – Кан. Западная часть ландшафта находится на водоразделе р. Кан и Рыбная.

Уярско-Агинский ландшафт расположен в крайней южной и юго-западной части Канской лесостепи и непосредственно примыкает на юге к отрогам Восточного Саяна, занятым зоной подтайги.

Южная лесостепь

Центрально-Канский ландшафт расположен в центральной части характеризуемого региона, по обоим берегам р. Кан. По геоморфологическому строению и обособленности территории он

разделен на 4 относительно небольшие местности: северную, центральную дренированную, центральную пойменную и южную.

Рыбинско-Заозерновский ландшафт – второй остепненный остров в Канской лесостепи. Он расположен юго-западнее Центрально-Канской местности и ограничен со всех сторон подзоной типичной лесостепи (Ирбейско-Соляноско-Успенский и Уярско-Агинский ландшафты). По геоморфологическому строению ландшафты четко разделяются на две местности – северную и южную, границей между которыми является р. Рыбная.

Подтаежная зона

Подтаежная зона со всех сторон окружает лесостепную зону. Ее внешними границами являются Чуно-Бирюсинское плато, Восточный Саян, Енисейский кряж. В характеризуемой зоне существенно короче безморозный период и период с температурами выше 5 и 10 °С, позднее продолжаются весенние заморозки и раньше наступают осенние. По климатическим показателям условия для ведения сельского хозяйства в подтаежной зоне существенно менее благоприятны по сравнению с лесостепной зоной.

Почвенный покров зоны подтайги представлен в основном разными подтипами серых лесных почв, которые занимают 66,2 % от общей площади, в том числе темно-серые, наиболее плодородные почвы – 25,1 %. Черноземов здесь очень мало (5,2 %). Среди них преобладают выщелоченные (3,6 %), формирующиеся на пологих южных склонах под разреженными березовыми лесами или на лесных полянах. Оподзоленные черноземы (1,5%) встречаются как в комплексе с выщелоченными, занимая едва заметные микропонижения, так и с небольшими самостоятельными массивами на склонах юго-западной и юго-восточной экспозиций. Обыкновенные черноземы почти не встречаются.

Дерново-подзолистыми почвами занято 12,4 % территории зоны. Они формируются под густыми смешанными лесами, тяготея к склонам северной ориентации и плоским водоразделам. Среди интразональных почв в зоне подтайги абсолютно господствуют болотные почвы (12,8 % территории зоны). Среди них преобладают торфяно- и торфянисто-болотные (9,4 %), лугово-болотные, более легко осваиваемые почвы занимают 3,4 %. Обилие болотных почв связано со слабой дренированностью территории.

Хозяйственное использование территории Канского природного округа

Основная часть территории округа, особенно лесостепная зона, занята почвами с высоким плодородием и используется для сельскохозяйственного производства. Здесь развито как растениеводство, так и животноводство. За последние годы в подзонах южной и типичной лесостепи выращивается зерно пшеницы с хорошими хлебопекарными качествами, из которого можно получать высоко-сортную муку. Препятствием для земледелия в лесостепи, с одной стороны, являются крутые и покатые склоны, с другой – заболоченность, солонцеватость и солончаковость пониженных элементов рельефа. Однако эти препятствия имеют место только в отдельных частях зоны.

В подтаежной зоне возможности для ведения сельского хозяйства ограничены сильной залесенностью, сложным характером рельефа, особенно в подтайге предгорий, заболоченностью, преимущественно в подтайге равнин, низким плодородием большинства почв. Поэтому сельское хозяйство справедливо ведется на относительно плодородных почвах, таких как черноземы (5,2 % территории) и темно-серые лесные (25,1 %). Эти почвы залегают относительно небольшими массивами среди менее плодородных почв, что является основной причиной мелкополья в данной зоне.

В связи с более тяжелым гранулометрическим составом почв в Канской лесостепи в меньшей степени, чем в других округах края проявляется ветровая эрозия, но и здесь она наносит существенный вред сельскохозяйственному производству, особенно в южной открытой лесостепи. Имеет место в Канском природном округе и водная эрозия на распаханых массивах при расчлененном рельефе, особенно в северной лесостепи и предгорной подтайге.

Красноярский природный округ

Красноярский природный округ включает Красноярскую лесостепь и окружающую ее подтайгу.

Красноярская лесостепь занимает срединное положение среди островов зоны лесостепи центральной части Красноярского края. Она расположена на территории трех административных районов: северо-восточная часть Емельяновского, западная половина Сухобузимс-

кого, западная часть Большемуртинского (до р. Енисей). На юго-западе лесостепь ограничена Кемчугским нагорьем, на юге – отрогами Восточного Саяна, на востоке – Енисейским кряжем, на севере и северо-западе замыкается таежными пространствами. Здесь Красноярская лесостепь постепенно сменяется подтайгой и далее тайгой Западно-Сибирской низменности.

По теплообеспеченности на территории Красноярской лесостепи выделяются три района: прохладный с суммами температур 1400-1600 °С (севернее Большой Мурты), умеренно прохладный с суммой температур 1600-1800 °С (от Большой Мурты до Сухобузимского) и недостаточно теплый район (сумма температур 1800-2000 °С) – к северу от Красноярска до линии Емельяново- Сухобузимское.

Почвенный покров Красноярской лесостепи складывается черноземами (35,6 %) и серыми лесными почвами (39 %). Довольно много дерново-подзолистых и светло-серых лесных почв (10,9 и 7,5 %). Интразональные представлены пойменными (3,8 %), болотными (5,1 %), луговыми и лугово-черноземными (4,98 %) почвами. Среди серых лесных преобладают темно-серые (18,3 %) и серые (13,2 %), среди черноземов – черноземы выщелоченные (21,6 %) и обыкновенные (11,9 %).

В связи с вовлечением в пашню более плодородных почв и более удобных для обработки участков соотношение почв в структуре пашни совсем иное: здесь абсолютно преобладают черноземы (69,4 %), а среди них – выщелоченные (38,9 %) и обыкновенные (11 %) (см.табл. 1). Если в целом в лесостепи серых лесных почв больше, чем черноземов, то в пашне их всего 19,3 %, с абсолютным преобладанием темно-серых (15,4 %).

По изменению структуры почвенного покрова в Красноярской лесостепи выделено 3 подзоны: южная, типичная и северная.

Подзона южной лесостепи занимает южную часть региона. Основной фон почвенного покрова составляют черноземы обыкновенные. В окрестностях Красноярска они образуют самостоятельную зону, севернее распространены в комплексе с выщелоченными, занимая верхние части склонов и плоские вершины увалов. Серых лесных почв здесь очень мало, они развиваются в основном под небольшими березовыми лесами по высоким склонам высоких увалов и холмов. Пойменные почвы развиты в основном в пойме р. Енисей.

Северная граница подзоны южной лесостепи проходит по линии севернее населенных пунктов Емельяново – Арей – Красный Пахарь и далее в широтном направлении до р. Енисей. Площадь подзоны – 390 тыс. га.

Подзона типичной лесостепи занимает среднюю часть региона. Северная ее граница проходит по верховьям р. Бузим, севернее Устюга идет на Шилу, далее – севернее Высотино выходит к Енисею. Кроме того, изолированный участок этой подзоны выделен в правобережной части, южнее Зыково. Площадь подзоны – 302 тыс. га.

В почвенном покрове типичной лесостепи преобладают черноземы выщелоченные (около 50 %), доля обыкновенных черноземов значительно уменьшается, а доля серых лесных почв возрастает. Среди последних преобладают темно-серые лесные, развитые под редкостойными березовыми лесами на повышенных элементах рельефа и северных склонах, а также на плоских водоразделах.

Подзона северной лесостепи занимает северную часть региона, ее площадь 85 тыс. га. Характерной особенностью этой подзоны является значительное распространение серых лесных почв (с преобладанием темно-серых), которые вместе с черноземами выщелоченными образуют основной фон почвенного покрова. В северной лесостепи по сравнению с остальной территорией округа значительно больше пойменных и заболоченных почв, приуроченных к поймам р. Шила, Таловой.

Лесостепная зона

В лесостепной зоне Красноярского природного (геоморфологического) округа выделено 14 ландшафтов, в том числе в подзоне северной лесостепи – 5, типичной – 6, южной – 3. В зоне подтайги выделено 4 ландшафта.

Северная лесостепь

Западный ландшафт расположен в западной части лесостепной зоны, большей частью на территории Емельяновского района и меньшей – на территории Сухобузимского района. Он тянется с юга на север от д. Миныно до п. Гаревое. Ландшафт сильно залесен. Представлен березой, осиной, сосной, елью, кедровником. Почвенный покров представлен в основном темно-серыми лесными почвами и выщелоченными черноземами (на южных склонах и под редколесьем). На территории протекают такие мелкие речки, как

Караульная, Малый Кемчуг, Черемшанка. Почвы, примыкающие к некоторым из них, заболочены. Земледелие здесь развито слабо. На высоких увалах при распашке имеют место водозрозионные процессы, которые необходимо нивелировать с применением специальных мероприятий.

Северо-западный ландшафт расположен в северо-западной части лесостепной зоны и включает северную часть Емельяновского, Сухобузимского и большую часть Большемуртинского районов. Это самый крупный ландшафт в Красноярской лесостепи.

Территория ландшафта сильно обводнена. Вся территория имеет среднюю облесенность. Древесная растительность представлена осинной, сосной, елью и березой.

Территория ландшафта благоприятна для ведения земледелия, особенно в южной части. Однако на территории всего ландшафта необходим комплекс агротехнических мероприятий для борьбы с эрозией почв.

Северо-восточный ландшафт расположен в Большемуртинском районе от п. Большая Мурта на юге до п. Таловка на севере, западная граница примыкает к северо-западному ландшафту, восточная – проходит от Большой Мурты через Российку, Минск на Муратово. Территория ландшафта представляет собой слабоволнистую равнину. Территория благоприятна для ведения земледелия.

Восточный приенисейский ландшафт находится на западном берегу Енисея в юго-восточной части Большемуртинского и северо-восточной части Сухобузимского районов, между п. Комарово на севере и Малое Нахвальское на юге. Территория ландшафта выровнена.

Почвенный покров представлен различными вариантами пойменных и луговых почв. На террасах – черноземы выщелоченные.

В поймах рек целесообразно возделывать овощные культуры, картофель, многолетние травы. На террасах рек – зерновые и пропашные культуры.

Типичная лесостепь

Южный холмисто-увалистый ландшафт расположен узкой полосой от ж.д. станции Манино до п. Березовка на востоке. Основную часть ландшафта занимает город Красноярск и его пригородная территория. На открытых участках пригорода земледелие затруднено в связи с покатыми склонами и проявлением эрозионных процессов.

Западный волнистый ландшафт расположен узкой полосой от ж.д. станции Минино на юге до п. Никольское на севере. Облесенность территории – 55 %. Территория используется для садоводства, благоприятна для развития земледелия.

Северный высокоувалистый ландшафт имеет форму треугольника небольших размеров, с углами: п. Атаманово на юге, п. Высотино на западе и п. Кегур на севере. Залесенность территории – 50 %. Древесная растительность представлена сосново-березовыми лесами. Возможность земледелия ограничена сложным рельефом, развитием водной эрозии. Здесь необходима противоэрозионная система земледелия.

Ландшафт Приенисейская долина расположен от п. Павловщина на севере до п. Атаманово на юге и занимает пойму и надпойменные террасы р. Енисей. Территория выровнена. Пойма сильно заболочена. Речная сеть включает р. Енисей и нижнее течение. Имеет место большая заболоченность во многих местах ландшафта, как с западного, так и с восточного берега Енисея. Общая залесенность территории составляет 60 %. Южная часть ландшафта и правобережная часть Енисея сильно залесены (100 %). Северная часть – очень слабо залесена (35 %).

Территория только местами может использоваться для земледелия (высокая пойма и террасы). Здесь целесообразно выращивать овощные культуры.

Ландшафт Юго-восточная часть Приенисейской долины расположен от п. Шивера на северо-востоке до п. Березовка на юго-западе. Представляет собой выравненную пойму и надпойменные террасы Енисея. В южной части ландшафта рельеф представлен увалистой равниной.

Речная система представлена преимущественно р. Енисей с его притоками и прудами, р. Кантат, Есауловка и многими слабыми водотоками. Значительная часть территории, особенно поймы, заболочена. Степень лесистости – 35 %. В пределах данного ландшафта хорошо развито сельскохозяйственное производство.

Южная лесостепь

Западный увалистый ландшафт расположен от п. Еловая на западе до п. Солнечный (примыкающий к г. Красноярску) на востоке от п. Мужичкино на севере до п. Минино на юге. Характер рельефа – широкоувалистая равнина. Увалы вытянуты с запада на восток.

Склоны преимущественно пологие, удобные для сельскохозяйственной обработки. Леса занимают примерно 15 %. Территория удобна для развития земледелия.

Восточный холмисто-увалистый ландшафт расположен от п. Солнечный на западе до п. Серебряково на востоке. Юго-западной частью примыкает к г. Красноярск, северо-восточной границей является р. Енисей, за исключением петли окрестностей п. Коркино и п. Ермолаево. Представляет собой холмисто-увалистую равнину. Многие склоны крутые. Особенно западные и южные.

Южный пойменный ландшафт расположен в полупетле реки Енисей, между п. Коркино на западе и п. Ермолаево на северо-востоке. Ландшафт представляет собой слабоволнистую равнину с хорошо выраженными притеррасной, высокой и прирусловой поймами. Почвенный покров представлен бурыми пойменными и луговыми пойменными почвами. В прирусловой пойме много слаборазвитых почв. Почвы ландшафта загрязнены, преимущественно фтором, что ограничивает возможности их сельскохозяйственного использования (загрязненная продукция).

Здесь целесообразно выращивать многолетние травы на сено (но не на зеленый корм). Можно выращивать картофель и овощи, но с обязательным контролем получаемой продукции на содержание фтора.

Зона подтайги

Подтайга окаймляет Красноярскую лесостепь со всех сторон, являясь переходной полосой между лесостепью и тайгой. Внешними границами зоны подтайги являются на юго-западе – Кемчугское нагорье, на юге – Восточный Саян, на востоке – Енисейский кряж, на севере и северо-западе подтайга постепенно переходит в равнинную тайгу Западно-Сибирской равнины, здесь ее граница условно проведена почти по меридиану, проходящему через точку слияния р. Большой и Малый Кемчуг, далее на север 20 км западнее р. Кемь.

Климат подтаежной части округа отличается от климата лесостепной части меньшей теплообеспеченностью (сумма температур более 10 °С – 1520-1568 °С), большим увлажнением (годовое количество осадков 450-475 мм), более короткими периодами с температурами выше 0, 5 и 10 °С.

Почвенный покров подтаежной части Красноярского природного округа образован в основном серыми лесными и серыми лесными

глеевыми почвами. Они формируются под пологом разреженных травяных березовых и березово-осиновых лесов на плоских и слабоволнистых поверхностях с западиноподобными понижениями, к которым приурочены глеевые и глееватые почвы.

В южной части подтайги в комплексе с серыми лесными почвами довольно часто встречаются темно-серые со вторым гумусовым горизонтом. Здесь же, а также на третьей и четвертой террасах Енисея встречаются черноземы выщелоченные и оподзоленные. Площади их незначительны.

В северной части зоны подтайги довольно значительное распространение имеют светло-серые лесные почвы, на остальной территории подтайги они встречаются на повышенных элементах рельефа.

Дерново-подзолистые почвы не имеют широкого распространения, но встречаются повсеместно. В основном это слабо- и среднеподзолистые среднезадернованные почвы. Они развиваются на наиболее высоких и выпуклых элементах рельефа под хвойными и смешанными лесами.

Ландшафты подтаежной зоны

Южный предгорный ландшафт расположен в самой южной части Красноярского геоморфологического округа, от п. Памяти 13 борцов на западе через п. Базаиха до п. Вознесенское на востоке. Данный ландшафт на 85 % покрыт лесной растительностью – березой, осиной, сосной, реже кедровником. Под пашню используются выровненные участки и пологие слабозалесенные склоны.

Почвенный покров представлен преимущественно серыми лесными и дерново-подзолистыми почвами. Небольшое распространение имеют выщелоченные черноземы. Для развития земледелия ландшафт не очень благоприятен в связи со сложным рельефом и сильной облесенностью территории.

Западный увалистый ландшафт расположен в западной части Красноярского геоморфологического округа, от п. Памяти 13 борцов на юге до п. Верхняя Казанка на севере. На этой равнине встречаются незалесенные участки, удобные для земледелия. Ландшафт на 90 % покрыт лесной растительностью – береза, осина, сосна, ель, кедровник. Для развития земледелия территория ландшафта не благоприятна в связи сильной ее облесенностью.

Восточный холмисто-увалистый ландшафт расположен в восточной части Красноярского геоморфологического округа, от п. Верхняя Казанка на западе до острова Вавалихин на р. Енисей на юге.

Данный ландшафт на 90 % покрыт лесной растительностью – береза, осина, сосна, ель, кедровник. Для ведения земледелия целесообразно использовать юго-западную часть ландшафта вблизи р. Нижняя Подъемная и Енисей, остальная часть мало пригодна в связи с сильной залесенностью территории.

*Хозяйственное использование
Красноярского природного округа*

Лесостепная часть округа, имея плодородные почвы, значительно меньшую залесенность, рельеф, удобный для механизированной обработки почв, благоприятные климатические условия, издавна использовалась и должна использоваться для целей сельскохозяйственного производства (растениеводства и животноводства). В регионе слабо проявляется эрозия почв благодаря их тяжелому гранулометрическому составу, незначительному количеству крутосклонных земель. При несоблюдении противоэрозионных мероприятий эрозионные процессы могут усилиться. Неблагоприятной особенностью земель, прилегающих к Красноярску, является их техногенное загрязнение. По розе ветров оно зафиксировано уже до с. Частоостровское, в пределах нескольких километров примыкающие с северо-запада к городу сельскохозяйственные угодья загрязнены фтором в чрезвычайно опасной степени (10-15 ПДК). Основной загрязнитель – Красноярский алюминиевый завод. Происходит также загрязнение сельскохозяйственных земель, прилегающих к Красноярску, тяжелыми металлами, оно пока не превышает ПДК. Этот процесс необходимо контролировать с целью своевременного принятия мер по охране почв и здоровья населения.

В подтаежной части округа, в связи с ухудшением условий для ведения растениеводства (менее плодородные земли, менее благоприятный климат, меньшая распаханность), целесообразнее заниматься преимущественно животноводством, чему способствует наличие хорошо развитого и ценного в кормовом отношении травянистого покрова в редкостойных лесах, на гарях.

Ачинско-Боготольский природный округ

Округ расположен в северо-западной части земледельческой полосы края и включает Козульский, Ачинский, Боготольский, Тюхтетский, Большеулуйский и Бирилюсский административные районы. На юге округ ограничен хребтом Арга, представляющим собой восточное ответвление Кузнецкого Алатау, на юго-востоке – северо-западными отрогами Восточного Саяна – Кемчугским нагорьем, на севере граница округа подходит по долине Чулыма до его широтного направления. Площадь округа – 1318 тыс. га.

На территории округа выделяются зоны лесостепи и подтайги. Лесостепь занимает южную часть округа, площадь ее составляет 321 тыс. га. Со всех сторон лесостепь окружена подтайгой (площадь – 997 тыс. га), на юге предгорной (склоны хр. Арга), на остальной части – равнинной.

Лесостепная зона

Ачинская лесостепь с полосой подтайги представляет собой полого-увалистую равнину, наклоненную к северу и северо-западу, несколько приподнятую относительно Западно-Сибирской низменности, с которой она постепенно сливается на севере и западе. Эрозионное расчленение территории округа на плосковершинные невысокие увалы обусловлено долинами речных систем левых притоков Енисея и правых притоков Оби (Чулыма, Кемчуга, Кети). На юге и вблизи долин крупных рек эрозионное расчленение интенсивнее, увалы выражены более резко, поверхность равнины местами всхолмленная.

Климат Ачинско-Боготольского округа от других природных округов отличается прежде всего наименьшей континентальностью (58-59 % по Шрепферу) и большим увлажнением, что обусловлено географическим положением региона. Годовое количество осадков – 465-495 мм. По термическим условиям регион не отличается от других и соответствует в лесостепной части подзоне северной лесостепи: сумма температур более 10 °С – 1675-1697 °С, в подтайге – 1610-1692 °С. Соответственно ГТК в лесостепи – 1,28-1,36, в подтайге – 1,27-1,35.

Кроме того, зональность в округе, в связи с равнинным характером рельефа и очень постепенным уменьшением высот к

северу, слабо выражена: в лесостепи и подтайге одинаковые суммы температур, влагообеспеченности и продолжительности периодов с различной теплообеспеченностью, и только в таежной части (к северу) широтная зональность проявляется четче.

Почвенный покров Ачинско-Боготольского округа сложен в основном серыми лесными почвами (32 % от площади округа), среди которых абсолютно доминируют темно-серые – 20,1 %, и черноземами (23,6 %) с преобладанием выщелоченных (13,9 %) и оподзоленных (6,1 %). Довольно много луговых и лугово-черноземных почв (11,6 %), болотных (14,1 %) и пойменных (9,7 %). Другие почвы представлены в округе в значительно меньшей степени: светло-серые, серые лесные и дерново-подзолистые – по 4-6 %. Очень мало черноземов обыкновенных (2,3 %), карбонатных (0,5 %) и солонцеватых (0,8 %). Такая структура почвенного покрова характерна для подзоны северной лесостепи.

В структуре почв пашни абсолютно преобладают черноземы (74,5 %), а среди них – выщелоченные – 56,1 %, обыкновенных – всего 4,4 %. Серые лесные почвы занимают 10,7 % пашни, в основном это темно-серые – 9,1 %. Светло-серые, как и дерново-подзолистые, в пашне используются на незначительной площади из-за низкого плодородия.

Довольно значительна в пашне лесостепной части округа доля луговых и лугово-черноземных почв (11,6 %), что обусловлено достаточно высоким их плодородием и благоприятными для механизированной обработки условиями залегания по рельефу. Особенностью округа является значительная заболоченность (14,1 % территории лесостепи), которая увеличивается к северу. Заболоченные почвы и болота формируются на плоских, слабодренированных водоразделах и долинах р. Чулым, Большой Улуй и их притоков.

Характеристика ландшафтов

На территории лесостепной зоны Ачинско-Боготольского округа выделено три ландшафта: Боготольский, Ачинско-Большеулуйский и Чулымский.

Ландшафт Боготольский – занимает западную окраину лесостепной зоны Красноярского края и на 90 % площади входит в Боготольский район. Ландшафт представляет собой эрозионно-

денудационную равнину с оврагами, балками, многие из которых заболочены, что часто мешает проведению сельскохозяйственных работ. В целом ландшафт благоприятен для сельскохозяйственного производства.

Ландшафт Ачинско-Большеулуйский – занимает восточную часть лесостепной зоны округа и размещается в Большеулуйском и частично в Ачинском районах. Рельеф территории преимущественно грядово-увалистый, что часто приводит к развитию эрозионных процессов.

Ландшафт Чулымский – долинный ландшафт, представленный комплексом эрозионно-аккумулятивных и аккумулятивных террас с сосновыми лесами, переходными болотами и луговыми степями. Ландшафт расположен в Ачинском (85 %) и Большеулуйском (15 %) районах. Природные условия ландшафта благоприятны для выращивания различных сельскохозяйственных культур.

Подтаежная зона

Данная зона окружает Ачинско-Боготольскую лесостепь с запада, севера и востока. В пределах подтайги находится самая юго-восточная часть Тюхтетского района, Большеулуйский, южная и центральная части Бирилюсского района (вдоль Чулыма и Кемчуга) и центрально-западная часть Козульского района. Площадь зоны – 997 тыс. га.

Почвенный покров. Подтаежная зона Ачинско-Боготольского природного округа, в отличие от лесостепи, сильнее заболочена. Болота распространены повсеместно по речным долинам, логам и в понижениях на плоских междуречьях. В почвенном покрове доминируют дерново-подзолистые почвы, в основном слабо- и средне-подзолистые, средне- и глубокозадернованные, часто в сочетаниях и комплексах с дерново-подзолистыми оглееными, в поймах рек – с болотными почвами. Серые и темно-серые лесные почвы, часто со вторым гумусовым горизонтом, занимают значительно меньшие площади, наиболее распространены в юго-западной и северо-восточной частях подтаежной части округа.

В пойме Чулыма развиты болотные торфяные низинные почвы в комплексе с аллювиально-болотными иловато-торфяными.

Назаровский природный округ

Данный округ расположен на территории Назаровского и северной части Шарыповского районов и представляет собой лесостепь, ограниченную почти со всех сторон, кроме центрально-южной и центрально-западной частей, узкой полосой предгорной подтайги хребта Арга, Восточного Саяна, Солгонского кряжа и Кузнецкого Алатау. Площадь округа 888 тыс. га. Лесостепная зона занимает 756 тыс. га, из которых распаханно 275 тыс. га.

Климат Назаровской лесостепи по количеству тепла более благоприятный по сравнению с территорией Чулымо-Енисейской лесостепи. Здесь выше суммы активных и положительных температур, существенно длиннее безморозный период и период с активными температурами (см. табл. 2).

Количество осадков в разных частях зоны неодинаковое, но различия менее контрастные (60 мм), чем в Чулымо-Енисейском округе (92 мм). Более благоприятно в характеризуемом округе и распределение осадков в течение года: по сравнению с Чулымо-Енисейским округом больше их выпадает в мае-июне. В центральной части округа больше и зимних осадков, обеспечивающих большее накопление влаги в почве к вегетационному периоду.

Назаровская лесостепь лучше обеспечена влагой по сравнению почти со всеми другими лесостепными зонами края. Об этом свидетельствуют высокие величины гидротермических коэффициентов (1,28-1,43). По классификации климатологов характеризуемая зона относится к умеренно прохладному, достаточно увлажненному климатическому району.

Почвенный покров Назаровской лесостепи достаточно разнообразный. Здесь имеют место большинство зональных почв, от серых лесных до черноземов обыкновенных. Из общей площади лесостепи (636 тыс. га) черноземы занимают 57 %. Среди них преобладают выщелоченные (40 %), сравнительно много оподзоленных (10,1 %), меньше обыкновенных черноземов (5,2 %), встречаются карбонатные (1,3 %). Серых лесных почв существенно меньше (18,2 %) по сравнению с черноземами, они представлены в основном подтипом темно-серых лесных почв (10,2 %). По территории лесостепи сочетания почв распределяются сравнительно равномерно, а по характеру растительности и структуре почвенного покрова характеризуемую территорию целиком можно отнести к подзоне типичной

лесостепи. Только в небольшой периферийной части зоны по мере приближения к Восточному Саяну, Солгонскому кряжу и Кузнецкому Алатау наряду с усложнением рельефа возрастает степень залесенности территории и относительно увеличивается удельный вес серых лесных почв и оподзоленных черноземов. На сильно залесенных северных склонах встречаются дерново-подзолистые почвы (0,6 %), а на выходах известковых пород – дерново-карбонатные (2,9 %).

Выравненность территории, слабая дренированность отдельных участков и наличие широких пойм обусловили сравнительно широкое распространение на территории зоны интразональных почв, таких как болотные (8,6 %), пойменные (6,0 %), луговые и лугово-черноземные (5,0 %).

В связи с однообразием территории ландшафты в данном округе не выделены. В целом лесостепная зона Назаровского округа весьма благоприятна для сельскохозяйственного производства.

Подтаежная зона предгорий

Данная зона на территории округа не имеет сплошного распространения. Она узкой полосой примыкает к хребтам Восточного Саяна на востоке, Солгонскому кряжу на юго-востоке, Кузнецкому Алатау на западе. Площадь зоны – 132 тыс. га.

Климатические условия предгорной подтайги менее благоприятные для возделывания сельскохозяйственных культур, чем лесостепи. Здесь ниже суммы активных температур, в более поздние сроки наблюдаются весенние заморозки и в более ранние – осенние.

Почвенный покров зоны подтайги предгорий представлен в основном разными подтипами и родами серых лесных, в том числе красно-бурыми лесными почвами в отрогах Кузнецкого Алатау и серыми лесными почвами на коричнево-бурых глинах в предгорьях Солгона. Открытые склоны холмов и высоких увалов, особенно сполоченные склоны южной ориентации, заняты черноземами; на плоских межгорных впадинах в предгорьях Кузнецкого Алатау находятся черноземы и лугово-черноземные почвы; многие вершины низких гор и крутые склоны, где близко к поверхности находятся плотные коренные породы, заняты малоразвитыми примитивными почвами.

В зоне подтайги предгорий возможности для развития сельскохозяйственного производства ограничены формами рельефа, залесенностью, наличием менее плодородных почв.

Чулымо-Енисейский природный округ

Площадь Чулымо-Енисейского округа – 810 тыс. га, площадь пашни – 453 тыс. га. Здесь размещаются Балахтинский, Новоселовский, Ужурский, юго-западная часть Шарыповского района. Территория округа занята в основном лесостепной зоной, по северо-восточной, восточной и западной окраинам которой находится зона предгорной подтайги. Площадь лесостепной зоны – 619 тыс. га, площадь пашни – 453 тыс. га. Сложный характер рельефа характеризуемой зоны, наличие большого количества крутых и покатых склонов, частые выходы на поверхность плотного элювия коренных пород – все это лимитирует возможности интенсивного использования территории.

Климатические условия в Чулымо-Енисейской лесостепи, по сравнению с остальными лесостепными регионами, менее благоприятны для выращивания теплолюбивых культур. Здесь более низкие суммы положительных и активных температур, короче безморозный период и период с температурами выше 10 °С, при близком варьировании величин ГТК (см. табл. 1, 2). В соответствии с классификацией климатологов, данная зона относится к прохладному району, за исключением наиболее теплой южной части на междуречье Енисея и Чулыма, где сумма температур выше 10 °С более 1600 °С. К северо-западу, северо-востоку и северу суммы активных температур понижаются по мере приближения к горным системам (Кузнецкому Алатау, Солгонскому кряжу и Восточному Саяну). В этом же направлении уменьшается длина безморозного периода, периодов с температурами выше 5 и 10 °С.

Количество осадков в разных частях Чулымо-Енисейской лесостепи неодинаковое. Существенно меньше их в южной, наиболее теплой части территории (364 мм), в том числе в мае-июне (94 мм). По величинам гидротермического коэффициента (1,29-1,49) всю зону можно отнести к достаточно увлажненному климатическому подрайону (ГТК=1,2-1,6), в том числе и его южную, наиболее теплую и наименее увлажненную часть (см. табл. 1, 2).

Почвенный покров. Черноземы занимают в Чулымо-Енисейской лесостепи 482 тыс. га, или 77,8 % территории, в том числе обыкновенные – 35,9, выщелоченные – 19,3, оподзоленные – 3,0, карбонатные – 1,6 %. Среди других зональных почв больше серых лесных –

13,9 %, в том числе темно-серых – 7,3 %. Дерново-подзолистые почвы занимают всего 3,4 % лесостепи.

Обыкновенные черноземы абсолютно господствуют в южной части зоны между селами Новоселово и Ужур. Здесь относительно мало черноземов выщелоченных, которые занимают преимущественно северные склоны. На покатых залесенных северных склонах встречаются серые лесные почвы. Черноземы оподзоленные и дерново-подзолистые почвы фактически отсутствуют. Карбонатные черноземы залегают чаще всего в комплексе с обыкновенными на относительно повышенных элементах микрорельефа. Эта территория относится к подзоне южной лесостепи.

Севернее южной лесостепи до предгорий Солгонского кряжа расположена типичная лесостепь, в которой удельный вес выщелоченных черноземов больший, чем обыкновенных. Последние занимают преимущественно южные, иногда юго-восточные и юго-западные склоны. Залесенность подзоны неравномерная. Леса занимают преимущественно северные склоны. Под березово-осиновыми и смешанными лесами на северных склонах встречаются серые и темно-серые лесные почвы, а также черноземы оподзоленные. Последние иногда залегают в комплексе с черноземами выщелоченными.

Среди интразональных почв преобладают луговые и лугово-черноземные (8,9 % от территории зоны), а также болотные почвы (5,6 %).

Пойменные почвы (4,2 %) залегают в основном в широкой, хорошо развитой пойме Чулыма и на его многочисленных островах. Удельный вес солонцов и солончаков в зоне очень небольшой (0,3 %).

Ландшафты лесостепной зоны

На территории Чулымо-Енисейского природного округа (южнее Солгонского кряжа) выделено три лесостепных ландшафта – Ужур-Новоселовский южно-лесостепной, Балахтинский типично-лесостепной и Оракский предгорный лесостепной. Кроме того, выделено два горных подтаежно-таежных ландшафта: Солгонский и Дербино-Сисимский.

Ужур-Новоселовский ландшафт охватывает наименее остепненную часть северного левобережья Минусинской впадины (южная лесостепь). На его территории выделено 3 местности: Приенисейская, Новоселовская и Ужурская.

Приенисейская местность включает территорию ЗАО «Новоселовское» и характеризуется сложным холмисто-сопочным и гористым рельефом. Лесистость минимальная, господствующими почвами являются южные и обыкновенные малогумусные черноземы. В целом местность благоприятна для развития животноводства.

Новоселовская местность включает территорию Чулымо-Енисейского междуречья и характеризуется холмисто-увалистым рельефом. Наиболее высокой является приенисейская часть междуречья, круто обрывающаяся в долину р. Енисей. Общее падение в сторону р. Чулым.

Здесь преобладают черноземы обыкновенные среднегумусные. В долине и пойме р. Чулым и на низких террасах господствуют карбонатно-луговые почвы с небольшими участками солончаков и солонцов. В целом местность благоприятна для земледелия, допускает широкую возможность распашки территории, но необходимо учитывать подверженность смыву и размыву, слабую структурность почв.

Ужурская местность включает территорию левобережья р. Чулым с холмистым рельефом, наличием плоских понижений и карстовых впадин, занятых солеными озерами (Учум, Ашпан, Солбат и др.). Господствующими почвами являются черноземы обыкновенные. Под лесами и на северных склонах встречаются выщелоченные черноземы и очень редко – темно-серые лесные почвы. В понижениях встречаются смешанные солончаки (по берегам озер), солонцы и солонцеватые почвы.

Балахтинский ландшафт пересекает р. Чулым, а на его окраине протекает р. Енисей. Притоками этих рек (Кувин, Джуль, Жура, Тойлук, Балахта и др.) территория ландшафта расчленяется на широкие плосковершинные увалы с волнистыми склонами, обычно рассеченными логами. Степень расчленения усиливается в приенисейской части и на севере с приближением к Солгонскому кряжу. Междуречные водоразделы ассиметричны: левобережные склоны их пологие, правобережные более покатые, иногда обрывистые.

Почвенный покров представлен в основном выщелоченными и обыкновенными черноземами, что характерно для типичных лесостепей.

Орский предгорно-лесостепной ландшафт расположен в восточных предгорьях Кузнецкого Алатау. Рельеф ландшафта изрезан и изменяется от высоко- и холмисто-увалистого до низкогорного.

Преобладающими почвами здесь являются черноземы выщелоченные, много темно-серых лесных почв. По структуре почвенного покрова ландшафт относится к подзоне северной лесостепи. Сложный характер рельефа усложняет проведение сельскохозяйственных работ и требует дифференцированной обработки.

Зона подтайги предгорий

Зона подтайги предгорий на территории Чулымо-Енисейского природного округа прерывистая, не имеет сплошного распространения. Она находится в предгорьях Солгонского кряжа и Восточного Саяна. Последний находится на правом берегу р. Енисей. Общая площадь зоны составляет 105 тыс. га. Каждый изолированный ее участок имеет свои особенности природных условий, поэтому здесь выделено 2 ландшафта: Солгонский и Дербино-Сисимский.

Солгонский ландшафт сильно расчленен. Залесенность неравномерная. Под лиственными и смешанными лесами развиты горные серые и светло-серые почвы (30 %), под хвойными лесами встречаются горные дерново-подзолистые почвы (6,2 %). По мере продвижения к лесостепной зоне на водораздельных высоких увалах развиты серые лесные почвы (24,3 %) и оподзоленные черноземы среднегумусные и тучные среднемощные (9,9 %), на более низких водоразделах имеют место черноземы выщелоченные среднемощные среднегумусные (4,5 %). В предгорьях Солгонского кряжа имеются и интразональные почвы (лугово-черноземные, пойменные, болотные малоразвитые щербнистые), но их удельный вес в структуре почвенного покрова небольшой (15,9 %).

Правобережная предгорно-подтаежная часть Чулымо-Енисейского природного округа представлена **Дербино-Сисимским подтаежным ландшафтом** (118 тыс. га). В этом же направлении увеличивается залесенность территории. Наибольший удельный вес в структуре почвенного покрова занимают серые лесные почвы (40,8 %) с преобладанием горных видов серых лесных почв (23,3 %). Среди этого типа мало темно-серых, всего 5,6 %. Уступают серым лесным почвам по степени распространенности дерново-подзолистые почвы (29,6 %), преимущественно горные (24,3 %). Горные варианты всех почв отличаются укороченным профилем, близко к поверхности подстилаются плотными коренными породами. Придолинная часть характеризуемой территории занята серыми лесными почвами, черноземами оподзоленными (15,3 %) и лугово-черноземными (9,2 %).

Бывшая пойма залита Красноярским водохранилищем, заболоченность территории незначительная, малоразвитые щебнистые почвы занимают всего 0,4 % территории.

Хозяйственное использование территории Чулымо-Енисейского природного округа

Основная часть территории используется в сельскохозяйственном производстве, особенно лесостепная зона, где господствуют высокоплодородные черноземы. Об этом свидетельствует и степень распаханности территории: из 619 тыс. га распаханно 453 тыс. га, или 77,8 %. При этом среди распространенных почв черноземы составляют 89,7 %. Все другие почвы освоены в существенно меньшей степени в связи с более низким их плодородием, условиями залегания по элементам рельефа и залесенностью. Даже среди относительно плодородных темно-серых лесных почв распаханно всего 13,9 % в связи с упомянутыми условиями их залегания.

Следует заметить, что в разных частях лесостепи условия сельскохозяйственного производства неодинаковые. Так, в подзоне южной лесостепи в связи со слабой залесенностью и лессовидным характером почв, в первую очередь средне- и легкосуглинистых, довольно сильно проявляется ветровая эрозия, которая при расчлененном рельефе сопровождается водной эрозией. Последняя имеет место и на более тяжелых почвах в типичной лесостепи при холмисто-увалистом рельефе, поэтому соблюдение комплекса противоэрозионных мероприятий является первоочередной задачей.

Почвы характеризуемого округа очень бедны подвижным фосфором. Здесь без систематического внесения фосфорных удобрений невозможно получать высокие урожаи, о чем убедительно свидетельствует сравнение уровней урожая в хозяйствах, применяющих удобрения в рекомендуемых агрохимической службой дозах, с хозяйствами, где удобрения не применяются.

Южно-Минусинский природный округ

Данный природный округ включает три природные зоны (степь, лесостепь и подтайгу предгорий). В лесостепи выделено три подзоны (южная, типичная и северная лесостепи), площадь округа – 1844 тыс. га.

Степная зона

Степная зона узкой полосой протянулась вдоль правого берега р. Енисей и занимает западные части Краснотуранского, Минусинского и Шушенского районов. Площадь зоны – 146 тыс. га, из них распаханно 53,4 тыс. га.

Климат – наиболее континентальный среди всех регионов края. Амплитуда колебаний средних температур между наиболее холодным январем и наиболее жарким июлем достигает 40 °С при среднегодовой температуре, близкой к 0 °С. Здесь самая высокая сумма температур выше 10 °С (1847-2039 °С) и температур выше 5 °С (2174-2342), относительно продолжительный безморозный период (108-109 дней) и периоды с температурами выше 5 °С (159-163 дня) и выше 10 °С (116-122 дня).

Атмосферное увлажнение характеризуется небольшим количеством осадков (332-351 мм). Минимальное их количество относительно других регионов края выпадает в наиболее ответственный период развития растений – в мае–июне (85-91 мм), что часто приводит к слабому развитию растений в начале их вегетации. Этот факт усугубляется малым количеством зимних осадков (51-55 мм) и, соответственно, ничтожным пополнением запасов влаги в почве.

Приведенные данные (см. табл. 2) свидетельствуют о засушливости климата степной зоны. По классификации климатологов степная зона относится к достаточно теплomu району и недостаточно увлажненному подрайону. Температурный режим позволяет выращивать здесь даже теплолюбивые культуры, такие как местные сорта арбузов и другие. В то же время эта зона часто подвержена весенне-раннелетней засухе, а осенние дожди приводят к замедлению темпов уборки урожая.

Почвенный покров степной зоны представлен двумя подтипами черноземов – южным и обыкновенным. Встречаются здесь черноземы солонцеватые и карбонатные, в основном в комплексе с обыкновенными. Очень мало черноземов выщелоченных и темно-серых лесных почв, приуроченных к северным склонам.

Кроме зональных почв в данной зоне имеют место интразональные. Пониженные элементы мезорельефа заняты луговыми и лугово-черноземными почвами, резкие понижения – болотными. В зоне относительно много солонцов и солончаков, в основном на пониженных элементах мезо- и микрорельефа при близком залегании засоленных подстилающих и материнских пород. Солонцеватость и

солончаковатость проявляются не только в черноземах, но и в других почвах, в частности луговых и болотных. В степной зоне имеют место и дерново-подзолистые супесчаные почвы под сосновыми борами, которые являются интразональными для данной зоны. Первопричиной их формирования являются выходы на поверхность древних аллювиальных песчаных отложений.

Характерной особенностью почв данной зоны, особенно зональных, является их легкий гранулометрический состав, пожалуй, наиболее легкий не только среди разных зон Южно-Минусинского природного округа, но и среди других природных округов края. Этот факт, наряду с лессовидным характером почв и пород, является основной причиной большого количества дефлированных почв. Наряду с дефляцией в зоне имеют место водная и смешанная эрозии, являющиеся причиной образования оврагов даже на выровненных территориях.

Разные виды эрозии, наряду с условиями формирования зональных почв под изреженными растительными ассоциациями, являются основной причиной слабой гумусированности верхнего слоя большинства почв и его малой мощности, а следовательно, и сравнительно низкого их плодородия. Положение усугубляется бедностью многих массивов фосфором, а некоторых – калием.

Ландшафты степной зоны

На территории степной зоны выделено 4 ландшафта: Узино-Сыдинский, Тубино-Сыдинский, Притубинский, Тубино-Енисейский.

Узино-Сыдинский ландшафт расположен в нижнем течении р. Сыды и ее правых притоков: Узы и Хабыка. Это один из наиболее сухих районов степной зоны правобережья Минусинской впадины. Основными геоморфологическими элементами являются террасы р. Сыды, Узы и Хабыка, а также расчлененное древней эрозией ступенчатое предгорье хребта Кортуз.

В почвенном покрове господствуют слабовыщелоченные и обыкновенные черноземы различной мощности и гумусированности. В сочетании с ними находятся южные малогумусные маломощные черноземы и малогумусные солонцеватые почвы. В поймах рек развиты дерново-аллювиальные почвы различного гранулометрического состава. Иногда встречаются солонцы, солонцеватые почвы.

Тубино-Сыдинский ландшафт – самый крупный степной ландшафт на правобережье Минусинской впадины. Располагается он на междуречье р. Сыда, Туба, примыкая на западе к Тубино-

Енисейскому степному ландшафту. В пределах Тубино-Сыдинского ландшафта выделяются 4 местности.

Диссос-Джиримская местность занимает территорию к югу и юго-востоку от Байтакского хребта. Господствующие почвы – черноземы обыкновенные и слабовыщелоченные среднemocные и среднегумусные.

Местность северо-западного и западного предгорий Байтакского хребта характеризуется пестрым почвенным покровом. Эта пестрота обусловлена резко расчлененным холмисто-гористым рельефом. Наличие большого количества покатых склонов обуславливает развитие водной эрозии распаханых почв.

Местность Джиримской степи находится в нижнем течении р. Джирим и Салба и отличается равнинным рельефом и однообразным почвенным покровом.

Притубинский степной ландшафт расположен между Инским бором и поймой р. Тубы. Почвенный покров неоднороден. Здесь имеют место черноземы выщелоченные, обыкновенные и южные разной мощности и гумусированности. В пределах долины р. Иня встречаются различные варианты солонцеватых и солончаковых почв.

Тубино-Енисейский ландшафт объединяет 3 местности:

– *поймы и вторые террасы р. Тубы и Енисей*, характеризуются равнинным рельефом. Материнскими породами являются молодые аллювиальные отложения песчано-супесчаного и суглинистого гранулометрического состава. Почвенный покров весьма разнообразен и представлен различными вариантами пойменных почв, в том числе солонцеватых и солончаковатых;

– *слабовсхолмленная равнина*, занята южными и слабовыщелоченными черноземами малогумусными и маломощными, а также дерновыми слабоподзолистыми супесчаными почвами. Здесь встречаются и солончаки;

– *высокий, сильно расчлененный правый берег р. Енисей*, тянется узкой полосой вниз по течению р. Енисей от р. Минусинки. Здесь также господствуют южные и слабовыщелоченные бедные легкосуглинистые черноземы. Легкий гранулометрический состав господствующих почв является причиной повышенной сухости почвенного покрова и способствует проявлению ветровой эрозии.

Лесостепная зона

Лесостепная зона в северной и южной частях округа непосредственно примыкает к р. Енисей. В центральной части ее западной границей является зона степи, на северо-востоке, востоке и юге – предгорья Западного Саяна и приуроченная к ним зона предгорной подтайги. Общая площадь лесостепной зоны 1260 тыс. га, площадь пашни 388 тыс. га. На ее территории расположены Краснотуранский, Идринский, Курагинский, Каратузский, Минусинский, Шушенский и Ермаковский районы, за исключением тех частей этих районов, которые расположены в степной (см. выше), подтаежной и горно-таежной (см. ниже) зонах.

По мере продвижения от степной зоны, занимающей наиболее пониженную часть Южно-Минусинского округа, к северу, востоку и югу постепенно понижаются суммы активных температур, продолжительность периодов с температурами выше 10 °С и безморозного, среднегодовые температуры воздуха; повышаются среднегодовое количество осадков и суммы осадков за май-июнь (наиболее критический период для развития растений), и за период с температурой выше 10 °С; возрастают величины ГТК.

На перераспределение климата существенное влияние оказывает рельеф, особенно при его расчлененном характере: более теплые и менее увлажненные южные склоны по сравнению с северными имеют лучшее увлажнение пониженных элементов мезо- и микрорельефа и т.д. По характеру климата лесостепную зону, безусловно, необходимо делить на подзоны.

Почвенный покров. Лесостепная зона Южно-Минусинского природного округа занимает 1260 тыс. га. В ней 684,7 тыс. га (66,4 %) зональных почв и 347,3 тыс. га (33,6 %) интразональных. К последним относятся и дерново-подзолистые супесчаные почвы (7,0 %) под сосновыми борами, так как их формирование связано исключительно с очень легким гранулометрическим составом материнских пород и размещением под лесной растительностью.

Зональные почвы представлены двумя типами – серыми лесными (21,6 % от площади зоны) с преобладанием темно-серых (13,2 %) и черноземами (44,8 %) выщелоченными и обыкновенными, с преобладанием последних (24,8 %). Черноземы оподзоленные занимают небольшую площадь (3,7 %), встречаются черноземы карбонатные (0,8 %) и солонцеватые (0,3 %).

Размещение зональных почв в пределах зоны неравномерное. На территориях, граничащих со степной зоной, господствуют обыкновенные черноземы, часто маломощные, занимая различные положительные элементы мезорельефа. В комплексе с ними встречается черноземы карбонатные и солонцеватые. Удельный вес черноземов выщелоченных небольшой, и они приурочены в основном к северным склонам. На этих же элементах рельефа под лесом встречаются темно-серые лесные почвы. Оподзоленные черноземы фактически полностью отсутствуют. Эта подзона отнесена к южной лесостепи.

Типичная лесостепь является преобладающей в зоне. Под лесом здесь находится около 20 % территории. Преобладающими почвами являются черноземы выщелоченные. Черноземы обыкновенные сформировались в основном на южных склонах, реже – на юго-западных и юго-восточных. На северных склонах часто встречаются темно-серые почвы, иногда серые. Черноземы оподзоленные больших контуров не занимают. Чаще они залегают в комплексе с выщелоченными, занимая пониженные элементы микрорельефа, иногда на склонах северной экспозиции. Характеризуемую подзону нередко прерывают «острова» и «полуострова» южной и северной лесостепей, а иногда и зона подтайги, что связано со сложным рельефом территории, наличием хребтов, крупнохолмистых и сопочных форм рельефа.

По мере продвижения к предгорьям Восточного и Западного Саян усложняется рельеф, увеличивается степень облесения, до 35-40 % возрастает количество осадков, уменьшается теплообеспеченность, изменяется структура почвенного покрова, начинается подзона северной лесостепи. Фоновыми почвами здесь являются темно-серые лесные и черноземы выщелоченные, в комплексе с которыми залегают черноземы оподзоленные. Последние нередко имеют и самостоятельные контуры, в основном на относительно пониженных равнинных участках. Серые и светло-серые лесные почвы приурочены к облесенным северным склонам.

Интразональные почвы, занимая треть территории лесостепной зоны, имеются во всех подзонах. Их формирование связано с характером рельефа, наличием речной сети, качеством пород. Среди интразональных почв наиболее широко распространены различные пойменные почвы (8,1 % от территории зоны) благодаря широкой гидрографической сети на характеризуемой территории. Несколько меньше (7,3 %) в лесостепной зоне луговых и луговочерноземных почв.

В Южно-Минусинской лесостепи (и степи) довольно часто близко к дневной поверхности залегают засоленные коренные породы, которые являются первопричиной засоления материнских пород и почв. Наиболее благоприятные условия для этого процесса складываются на пониженных, преимущественно замкнутых элементах рельефа. Здесь обычно формируются солончаково-солонцеватые комплексы. В самых низких частях микро- и мезорельефа формируются солончаки, которые на более повышенных участках сменяются солонцами или солонцевато-солончаковатыми почвами. Засоленные почвы иногда встречаются сравнительно крупными массивами, часто залегают в комплексе с черноземами. Солонцы и солончаки чаще всего формируются в комплексе друг с другом. Но иногда могут занимать и отдельные площади. Общая их площадь в зоне 33,5 тыс. га, или 3,3 %.

Во всех подзонах характеризуемой территории имеет место значительное количество высоких холмов, сопков и даже низкогорий. Их вершины, если они не плоские, и крутые склоны обычно почти не имеют мелкозема. Здесь имеют место или выходы на дневную поверхность плотных коренных пород, или грубый маломощный элювий и соответствующие примитивные маломощные почвы.

Ландшафты лесостепной зоны

В пределах лесостепной зоны Южно-Минусинского природного округа, на основе исследований С.А. Коляго, можно выделить следующие ландшафты.

Тесино-Комский ландшафт представляет собой небольшую котловину, расположенную в бассейнах р. Комы и Теси. С севера он окаймлен Комским хребтом Восточного Саяна, а с юга и востока Беллыкским белогорьем.

Почвенный покров ландшафта разнообразен, что объясняется котловинным положением ландшафта и изрезанностью рельефа. На основной части территории почвенный покров изменяется от серых лесных до черноземов выщелоченных разных видов. Пестрота почвенного покрова возрастает по направлению к Беллыкскому белогорью. Кроме указанных почв значительные массивы заняты дерново-подзолистыми супесчаными и песчаными почвами на донных отложениях под сосновым лесом (Анашинский бор).

Быскар-Уярский ландшафт – это небольшой лесостепной массив предгорий хребта Кортуз и Беллыкского белогорья, имеющий

наиболее резко выраженный гористый рельеф. Основными элементами его являются невысокие горные хребты и узкие увалы, в пределах которых часто встречаются сопкообразные горы с выходом коренных пород. Пологие склоны, удобные для сельскохозяйственного использования, встречаются редко.

В пределах этого ландшафта широко развиты выщелоченные черноземы в сочетании с оподзоленными черноземами, черноземно-луговыми почвами, щебнистыми малоразвитыми, дерново-карбонатными и серыми лесными почвами.

Лесостепной ландшафт предгорий Восточного Саяна занимает территорию между р. Шушь, Сыда и Сыда, Хабык. Рельеф ландшафта холмисто-увалистый. Холмы и увалы на междуречье р. Шушь, Сыда сравнительно широкие, склоны преимущественно пологие. Почвенный покров увалов и холмов образован выщелоченными среднесуглинистыми среднemosными черноземами. Среди них встречаются разные виды оподзоленных черноземов. На северных склонах залегают серые и бурые лесные почвы, в долинах мелких рек преобладающими почвами являются черноземно-луговые оподзоленные и лугово-болотные. Почвы ландшафта хорошо обеспечены питательными веществами.

Ландшафт межборовой широкоувалистый лесостепной. Распространяется неширокой полосой между Инским и Лугавским борами, частично захватывает междуречье р. Тубы, Амыл, примыкает к долине р. Тубы. Абсолютно господствующими почвами являются выщелоченные среднесуглинистые среднemosные черноземы, развитые на лессовидных суглинках. Почвы богаты питательными веществами и высокоплодородны.

Оя-Тубино-Амыльский ландшафт представляет собой наиболее высокую часть междуречья р. Оя, Тубы, Амыл. Почвенный покров однородный. Преобладают черноземы выщелочные и оподзоленные (преимущественно на северо-западных склонах). На густо залесенных северных склонах встречаются бурые лесные почвы. В логах и балках господствуют черноземно-луговые оподзоленные и лугово-болотные почвы.

Ойско-Енисейский ландшафт представляет наиболее пониженную и наиболее равнинную часть Минусинской котловины. Располагается он на междуречьях р. Оя, Енисей и Оя, Кебеж. Почвенный покров на преобладающей части ландшафта представлен различными видами выщелоченных и оподзоленных черноземов. Среди

них встречаются серые лесные почвы под лесными массивами. Дюны и бугры песчаной террасы Енисея покрыты легкосуглинистыми и супесчаными дерново-подзолистыми и серыми лесными почвами. Среди них встречаются перевеваемые ветром боровые пески и слабощелочные малогумусные маломощные черноземы. В пределах заболоченных междюнных понижений развиты перегнойно-глеевые и торфяно-глеевые почвы, в комплексе с ними развиты луговые солончаки и лугово-болотные солончаковые почвы.

Тубино-Амыльский придолинный лесостепной ландшафт расположен в придолинной полосе р. Тубы и Амыл. Этот ландшафт может быть разделен на 2 местности: 1) пойму и вторые террасы р. Тубы и Амыл и 2) более высокие террасы и придолинные части р. Тубы и Амыл. Почвенный покров представлен выщелоченными и оподзоленными черноземами. Территория удобна для обработки.

Зона подтайги предгорий

Подтаежная зона с северо-востока, востока и юга окаймляет зону лесостепи. Ее восточной и южной границами является горная тайга Восточного и Западного Саян. Ширина зоны от 5 до 60 км, с максимумами по линии долин р. Тубы, Казыр и между хребтами Кортуз и Беллыкское белогорье. Общая площадь зоны – 438 тыс. га. На ее территории находятся восточные части Идринского, Курагинского и Каратузского районов и южные части Ермаковского и Шушенского.

По мере приближения к горам возрастает общее количество выпадающих осадков за май–июнь и зимних, уменьшается сумма активных температур, за исключением Ермаковской МТС, расположенной в самой южной части округа. Эти факты свидетельствуют об уменьшении теплообеспеченности и увеличении влагообеспеченности в предгорной подтайге по сравнению со степью и лесостепью. Чем ближе к горным хребтам, тем сильнее эти контрасты.

Площадь зоны подтайги предгорий Южно-Минусинского округа составляет 438 тыс. га. Здесь доминируют серые лесные (40,1 %) и дерново-подзолистые (28,1 %) почвы. Большинство из них относится к горным почвам с укороченным профилем, особенно в восточной расчлененной части зоны. Черноземы здесь фактически отсутствуют. В западной, менее расчлененной и более пригодной для использования в сельском хозяйстве части зоны преобладают черноземы (24,6 %

от площади зоны), в основном оподзоленные (21,8 %). Серые лесные почвы занимают 13,4 % территории, дерновоподзолистые – 5,8 %.

В подтайге предгорий имеют место почти все интразональные почвы, за исключением почв засоленного ряда, которые здесь отсутствуют. Удельный вес различных интразональных почв отличается от такового в лесостепной зоне. Здесь, в частности, очень мало пойменных почв (0,9 %) в связи с более быстрым течением рек и, соответственно, меньшими поймами, которые местами у некоторых рек вообще отсутствуют. В связи с низкогористым рельефом в подтайге значительно чаще выходят на поверхность коренные плотные породы и больше здесь примитивных маломощных почв (2,0 %). Степень заболоченности подтаежной зоны небольшая. Различные болотные и лугово-болотные почвы занимают всего 1,0 % от общей площади, несмотря на большее количество осадков и меньшую теплообеспеченность по сравнению с лесостепью. Причина такого положения – хорошая дренированность основной территории. С последним фактом связано и сравнительно небольшое количество луговых и луговочерноземных почв (2,2 %).

Характерной особенностью всех почв зоны является, в отличие от степи и лесостепи, их тяжелый гранулометрический состав, в основном глинистый и тяжелосуглинистый. Благодаря этому фактору ветровая эрозия фактически отсутствует, но водная эрозия на распаханых массивах склонов имеет место.

Ландшафты подтаежной зоны

На территории подтаежной зоны можно выделить четыре ландшафта.

Дербино-Сисимский ландшафт занимает предгорье Восточного Саяна на правом берегу Енисея. Он протягивается неширокой полосой почти от устья р. Комы до нижнего течения р. Дербиной. В отличие от других ландшафтов подтаежной зоны данный ландшафт отличается своим микроклиматом. Здесь часто имеют место ранние осенние и поздневесенние заморозки.

Салбино-Убейский ландшафт распространяется между хребтом Каратуз и Гоеллыкским белогорьем, занимая большую часть бассейна р. Убей и его левого притока – р. Салбы. Господствующими почвами являются оподзоленные и сильновыщелоченные черноземы на южных, юго-восточных и юго-западных склонах; серые лесные почвы на северных склонах.

Подтаежно-предгорный ландшафт Восточного Саяна характеризуется среднегористым рельефом с господством покатых и крутых склонов. Материнскими породами являются лессовидные суглинки и коричневые глины. Растительность представлена изреженными в результате рубок березовыми лесами с примесью осины и сосны. Южные, юго-западные и юго-восточные склоны распаханы. Господствующими почвами являются серые и бурые лесные почвы. Значительно распространены оподзоленные и выщелоченные черноземы.

Подтаежно-предгорный ландшафт Западного Саяна. По характеру рельефа, растительному и почвенному покрову данный ландшафт повторяет предыдущий, но в более благоприятных климатических условиях. Климат здесь более теплый и влажный, что создает более благоприятные условия для земледелия.

Хозяйственное использование территории Южно-Минусинского природного округа

В связи с большим разнообразием всего комплекса природных условий и, в частности, почвенного покрова округа возможности хозяйственного использования территории неодинаковые.

В степной и большей части лесостепной зоны, в связи с наличием плодородных почв и благоприятных климатических условий, основной хозяйственной деятельностью является сельскохозяйственное производство. Здесь можно выращивать все сельскохозяйственные культуры, даже те, которые не могут вызреть в других природных зонах и округах края: бахчевые, крупноплодные сорта яблонь и других ценных плодовых культур, скороспелые гибриды кукурузы на зерно.

В степи и лесостепи много сосновых боров на супесчаных дерново-подзолистых почвах. Эти территории могут использоваться в лесном хозяйстве, для сбора грибов и ягод, в рекреационных и других целях. Кроме сельскохозяйственного использования часть территории не может не использоваться, в основном локально, для развития промышленного производства, транспорта, связи и так далее.

По мере продвижения к северной лесостепи и зоне предгорной подтайги увеличиваются залесенность и расчлененность территории,

плодородные степные и лесостепные почвы сменяются лесными оподзоленными. В этой связи меняется и хозяйственное использование территорий: постепенно уменьшается удельный вес сельскохозяйственного производства и увеличивается доля лесохозяйственного.

В лесостепной и степной зонах Южно-Минусинского округа очень широко распространены почвы облегченного гранулометрического состава (в основном легко- и среднесуглинистые), которые в сильной степени подвержены ветровой эрозии, особенно в степной и южно-лесостепной части округа. Здесь много земель эродированных в сильной и средней степени. По мере продвижения к Восточному и Западному Саянам происходит постепенное утяжеление гранулометрического состава почв, но вместе с тем увеличиваются расчлененность рельефа и количество выпадающих осадков, нередко в виде ливней. Создаются условия для развития водной эрозии на распаханых массивах, а защита почв от этого негативного процесса осуществляется слабо.

Замедление темпов развития дефляции, водной и смешанной эрозии, закрепление оврагов, сыпучих песков путем комплексного внедрения разработанных мероприятий по борьбе с эрозией позволит сохранить главное богатство страны – почвы – и получать значительное количество дополнительной сельскохозяйственной продукции.

Таким образом, наиболее контрастные различия по климату между природными зонами: самая теплая и сухая – степь, лесостепная зона менее обеспечена теплом, но здесь больше осадков, в подтайге приход тепла меньше, чем в лесостепи, но влагообеспечение лучше. Между природными округами эти различия не существенны.

Различия по влагообеспеченности одноименных подзон разных природных округов несущественны, но как самая теплая выделяется Южно-Минусинская лесостепь, а Ачинско-Боготольская, Назаровская и Чулымо-Енисейская лесостепи несколько лучше других округов увлажнены. По структуре почвенного покрова пашни природных округов особых различий нет: во всех округах абсолютно преобладают черноземы.

Проведенное районирование позволяет рационально планировать размещение сельскохозяйственных культур и сортов и является основой для разработки данной системы земледелия.

Специфика условий почвообразования и свойства основных типов почв

В связи с суровыми климатическими условиями земледельческой части Красноярского края почвы промерзают на большую глубину – до 1-1,5 м в тайге и подтайге и 2-3 м в лесостепной зоне. Мерзлый слой сохраняется длительный период, до 7-8 месяцев в году. Явление криогенеза обуславливает целый ряд фациальных особенностей почв, таких как наличие оглеения многих почв на глубине 1-1,5 м в связи с надмерзлотной верховодкой; малая мощность гумусового слоя и повышенная гумусированность верхнего слоя в связи с препятствием надмерзлотных слоев проникновению корней в глубокие слои; пониженная биологическая активность почв (основная причина замедленной минерализации и дефицита питательных веществ) [Лебедева, Семина, 1974; Бугаков, Горбачева, Чупрова, 1981]. Глубокое и сильное промерзание почв наряду с пересыханием в засушливые периоды летом приводит к их растрескиванию и формированию глубоких затеков – одной из основных причин карманности черноземов лесостепной зоны.

Дерново-подзолистые почвы

В Средней Сибири почвы подзолистого типа занимают сравнительно узкую полосу в южной части Среднесибирского плоскогорья. Далее на восток они встречаются редко, небольшими массивами, занимая подножия северных склонов гор, обращенных к крупным межгорным котловинам.

Суровость климата, длительный зимний период и глубокое промерзание почв характерны для районов Сибири с распространением почв подзолистого типа. Средняя и Восточная Сибирь отличаются наличием значительных участков вечной мерзлоты, на фоне которых выделяются островные немерзлотные массивы.

Результаты многолетних исследований [Танделов, 2016] показали, что среди сельскохозяйственных угодий в Красноярском крае обширную площадь занимают кислые почвы. Среди них 943,2 тыс. га приходится на пашни, 40,5 тыс. га – на сенокосы и пастбища.

Рассматриваемые почвы наибольшее распространение имеют в подтаежном природном округе, куда входят следующие администра-

тивные районы: Бирилюсский, Большеулуйский, Енисейский, Пировский, Тюхтетский, Козульский, Казачинский.

Дерново-подзолистые почвы [Классификация и диагностика..., 2004] относятся к отделу текстурно-дифференцированных почв. Профиль включает горизонты АУ-ЕL-BEL-ВТ-С (О-АО-А₁-А₂-А₂В-В-С [Классификация и диагностика..., 1977]. Горизонт АУ – серогумусовый, мелкокомковатый. Горизонт ЕL (элювиальный) – всегда самый светлый в профиле, плитчатый или бесструктурный. Мощность этого горизонта достигает 40-50 см. Горизонт ВЕL (субэлювиальный или переходный) пестрый: глубокие светлые, бурые и темно-бурые пятна. Горизонт ВТ (текстурный или иллювиальный) – очень плотный, бурый с желтым или красным оттенком, призматически-ореховатый. На структурных агрегатах четко выражены признаки иллювиирования органо-минерального вещества в виде обильных кутан. Почвы имеют кислый рН по всему профилю. Содержание гумуса изменяется от 1,5 до 6 % в АУ и от 0,2 до 0,5 % в ВТ. В составе гумуса преобладают фульвокислоты. Обменные катионы – Н⁺, Аl³⁺, Са²⁺, Мg²⁺.

Диагностические признаки: четкая дифференциация профиля по окраске, структуре, сложению, новообразованиям, илу, R₂O₃ и SiO₂; обильная кремнеземистая присыпка в горизонте ЕL и иллювиальная пленка (кутаны) органо-минеральных соединений в горизонте ВТ; кислый рН и ненасыщенность основаниями.

Кислые почвы очень разнообразны, что не позволяет однозначно подходить к их оценке. Вместе с тем для них характерно низкое содержание подвижного алюминия, довольно высокое содержание обменных катионов (более 20-30 ммоль/100 г) и высокая степень насыщенности основаниями.

Причину этого можно объяснить тремя основными факторами: карбонатностью почвообразующих пород, особенностью водного режима почв и коротким вегетационным периодом. При промерзании почв вместе с жидкой фазой почвенной влаги происходит передвижение Са и Мg: летом и осенью из пахотных горизонтов в подпахотные, а зимой и весной – обратно из подпахотных в пахотные. Благодаря этому почвы характеризуются повышенной буферностью. Кроме того, теплый период, когда возможно вымывание катионов, в Средней Сибири довольно короткий, всего 4-5 месяцев.

В то же время нечерноземные почвы имеют ряд неблагоприятных физических свойств: преобладание глыбистых отдельностей (>10 мм), содержание агрономически ценных фракций крупнее

0,25 мм составляет 48-60 %, тяжелый гранулометрический состав, в верхней части профиля они сильно уплотняются, имеют слабовыраженную микроагрегатность [Верещенко, 1961; Крупкин, 2002; Белоусова, 2021]. Поэтому при диагностике известкования кислых почв следует учитывать природу почвенной кислотности, содержание гумуса, обменных оснований, алюминия, марганца, железа, а также биологические особенности сельскохозяйственных культур.

Здесь известкование нельзя рассматривать как прием коренного улучшения и следует проводить его только на слабогумусированных почвах (2-3 %), с рН менее 4,5, степенью насыщенности основаниями менее 70 %.

Серые лесные почвы

Серые лесные почвы в Средней Сибири занимают значительную долю в пахотном фонде (50-70 %). Большая протяженность территории Сибири, а также чрезвычайное разнообразие рельефа, геологических и почвообразующих пород, гранулометрического и минералогического состава оказывают существенное влияние на агрохимические свойства серых лесных почв, которые отличаются большим разнообразием.

Серые лесные почвы (O-A1-A1A2-B-C) или серые почвы [Классификация и диагностика..., 2004], относятся к отделу текстурно-дифференцированных почв (AY-AEL-BEL-BT-C). В серых почвах, в отличие от дерново-подзолистых, отсутствует собственно элювиальный горизонт. Вместо него появляется гумусово-элювиальный горизонт AEL, который имеет более светлую окраску и плитчато-комковатую структуру, чем горизонт AY. Субэлювиальный горизонт BEL характеризуется белесовато-бурой окраской. Светлые частицы почвы бесструктурные, темные – ореховатые. Текстурный горизонт BT буро-коричневый, плотный с призмовидно-ореховатой структурой. Поверхность педов покрыта глянцевыми темно-коричневыми кутанами, сформированными за счет иллювиирования органического вещества и глины. Реакция почвы в горизонтах AY, AEL кислая и слабокислая, в горизонтах BT, C – нейтральная. Содержание гумуса в горизонте AY составляет 3-5 %. Гумус – гуматно-фульватного типа. Емкость катионного обмена – 20-30 мг-экв/100 г почвы. Состав обменных катионов – Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , Al^{3+} .

Диагностические признаки: наличие серогумусового аккумулятивного горизонта, элювиально-иллювиальное распределение ила, R_2O_3 и SiO_2 по профилю.

Темно-серые почвы в Классификации (2004) выделены в самостоятельный тип с профилем AU-AUe-BEL-BT-C. Эти почвы отличаются от серых наличием темногумусового аккумулятивного горизонта и отсутствием горизонта AEL. Содержание гумуса в горизонте AU достигает 5-8 %, его состав фульватно-гуматный. pH слабокислый или нейтральный. Емкость катионного обмена – 30-40 мг-экв/100 г почвы.

Диагностические признаки: наличие темногумусового аккумулятивного горизонта, слабая кремнеземистая присыпка, плотное сложение и иллювиальная пленка на педах в горизонте BT.

В типах серых и темно-серых почв встречаются подтипы таких почв со вторым гумусовым горизонтом: AY-AELh-BELh-BT-C или AU-AUe-BELh-BEL-BT-C. Второй гумусовый горизонт диагностируется по темной окраске и мелкоореховатой рассыпчатой структуре.

Обобщение большого аналитического материала И.И. Лебедевой, Е.В. Семиной (1974) позволило выделить следующие провинциальные особенности серых лесных почв. По степени гумусированности серые лесные почвы разделяют на светло-серые, серые и темно-серые лесные почвы с разной степенью оподзоленности. Серые лесные почвы, особенно подтипы серых и светло-серых, являются одним из доминантов в подтаежной зоне, хотя степень их распаханности в подтайге и тайге ниже, чем реже встречающихся темно-серых.

Темно-серые почвы относятся к высокогумусным и мощным разностям (гумусовый горизонт 35-65 см). Серые и светло-серые почвы чаще относятся к средним и маломощным, так как их гумусовый горизонт не превышает 25-35 см.

По запасам гумуса в метровом слое серые лесные почвы Сибири богаче своих аналогов в европейской части страны. Они формировались на водоразделах и в верхней части склонов под березовыми, осиново-березовыми и березово-осиновыми лесами с травянистым покровом, где обеспечивается значительное поступление растительных остатков как на поверхность почвы, так и в ее толщу [Бугаков, Чупрова, 1995].

Исследования Ю.П. Танделова (2016) показывают, что во всех почвенных провинциях актуальная и обменная кислотность возрастает от темно-серых к светло-серым почвам, а насыщенность основаниями уменьшается. В этих почвах количество обменного алюминия незначительно.

Серые почвы имеют тяжелосуглинистый и глинистый гранулометрический состав. По профилю прослеживается вынос илистых частиц из верхних в иллювиальный горизонт. По данным валового состава [Семина, Вередченко, 1962], наблюдается дифференциация профиля: максимальное содержание SiO_2 и минимальное количество R_2O_3 в аккумулятивном и элювиальном горизонтах, накопление натечных форм подвижной глины и R_2O_3 в виде темно-коричневого глянца на поверхности агрегатов в иллювиальном горизонте. В полуметровой толще серых почв сосредоточено от 185 до 215 т/га гумуса и 13-14 т/га азота. Преобладающая часть этих запасов находится в верхнем слое (0-20 см). Гумусовый горизонт серых почв характеризуется высокой емкостью обменного поглощения при насыщенности основаниями до 90 %, слабокислым рН.

В связи с тяжелым гранулометрическим составом и недостатком гумуса в светло-серых и серых оподзоленных почвах при их использовании в пашне обычно наблюдается слабая оструктуренность, повышенная плотность, пониженная пористость и водопроницаемость, неблагоприятный водно-воздушный режим. В более гумусированных темно-серых почвах весь комплекс физических и водно-физических свойств более благоприятный для развития растений.

Особенности серых лесных почв:

- небольшая мощность гумусового горизонта;
- незначительная выщелоченность и степень дифференциации профиля по элювиально-иллювиальному типу;
- повышенное содержание гумуса и поглощенных оснований;
- отсутствие или слабое наличие гляцевых гумусовых пятен на гранях структурных отдельностей;
- щебнистость почвообразующих пород.

В этих почвах отмечаются следующие элементарные почвообразовательные (профилеобразующие) процессы: *подстилкообразование, гумусонакопление, слабое оподзоливание, оглинение, оглеение в нижних горизонтах.*

Каштановые почвы

Ареал каштановых почв приходится на степные котловины Хакасии и Тывы. В Хакасии они распространены в пределах Южно-Минусинской впадины, охватывая засушливую часть степной зоны. Доля их здесь от общей площади составляет около 2 %. В степных котловинах Тывы – Центральной, Улуг-Хемской и Хемчикской – они составляют основной фон почвенного покрова.

Каштановые почвы сформировались в условиях резкого, довольно холодного и весьма сурового климата. Его существенная особенность состоит в продолжительном устойчиво-морозном и малоснежном периоде со второй половины осени до конца зимы. Отметки температур воздуха достигают $-50\dots-52$ °С. Глубина промерзания почвы – ниже 3 м. За летний период выпадает более половины годовой нормы осадков, которая в наиболее засушливой части провинции редко превышает 220 мм.

Каштановые почвы Средней Сибири по своим свойствам занимают среднее положение между генетическими аналогами Казахстана и Западной Сибири, с одной стороны, и Монголии и Бурятии – с другой. Отличительная особенность их от аналогов европейской части России заключается в отсутствии слоеватости гумусового горизонта и довольно редком проявлении солевого сульфатного горизонта. Такой горизонт формируется только на делювиальных и элювио-делювиальных почвообразующих породах холмистой степи. Четко проявляется тенденция увеличения солей вниз по профилю, что свидетельствует об отсутствии их значительного накопления в профиле.

На территории региона каштановые почвы представлены подтипами: темно-каштановые и каштановые. Объективным диагностическим критерием их разделения служит содержание гумуса. Довольно часто темно-каштановые и каштановые почвы встречаются в комплексе с солонцами, что также является особенностью этих почв [Донская, Николаева, 2008)]. Каштановые почвы имеют следующее морфологическое описание: Апх (PUad), красновато-коричневый, легкосуглинистый, пылевато-мелкокомковатый, незначительно пронизан корнями, отмечается включение гальки; АВ_к (AU), коричневатобурый, ореховато-комковатый, вскипает; В_к (CAT), светлороскокоричневый, комковатый, карбонаты в виде белоглазки. Колебания содержания гумуса в верхнем горизонте в подтипах каштановых почв составляют от 5,1 до 3,4 в темно-каштановой и от 1,9 до 3,6 % в каш-

тановой. Основная масса гумуса сосредоточена в верхнем слое. Общий запас гумуса в полуметровом слое оценивается в 100-180 т/га. В его составе содержание гуминовых кислот и фульвокислот близкое.

Каштановые почвы более богаты карбонатами, чем черноземы. В них выражен горизонт карбонатного иллювия. Глубина залегания данного горизонта может быть различной и обусловлена местоположением почвы. Однако часто максимальное количество карбонатов сосредоточено под гумусовым слоем. В каштановых почвах содержание карбонатов в верхних горизонтах колеблется в пределах 8-9 %. Состав поглощенных оснований характеризуется уменьшением кальция и относительным увеличением магния и натрия. Поглощенного натрия в темно-каштановых почвах содержится до 3 % от емкости в горизонте А, и его доля может увеличиваться до 8,0-8,4 % в горизонтах В и С.

Реакция среды у данных почв слабощелочная в верхних горизонтах и закономерно подщелачивается в глубь профиля в зависимости от увеличения карбонатности и поглощенного натрия. Состав суммы обменных оснований обуславливает бесструктурность горизонта А и отчетливое проявление уплотненности и солонцеватости в переходном горизонте.

Черноземы

Почвы данного генетического типа господствуют в лесостепной и степной зонах, занимая среди пахотных массивов соответственно 80,7 и 100 %. Встречаются они и на открытых природных массивах подтайги, тяготея к южным склонам [Крупкин, Пахтаев, Топтыгин, 1993].

Чернозем оподзоленный, распространенный на пахотных массивах северной лесостепи, по Классификации (2004), относится к типу агрочернозема глинисто-иллювиального, подтипу оподзоленного. Профиль хорошо дифференцируется на генетические горизонты и отличается темной, почти черной окраской с белесым оттенком и зернисто-ореховатой структурой горизонтов PU и AU, темно-бурой окраской, плотным сложением, ореховатой структурой и иллювиальной пленкой на гранях педов горизонта VI. В горизонте С встречаются карбонаты. Они имеют форму псевдомицелия. Содержание гумуса – 9-10 %, рН – слабокислый, емкость поглощения – 40-60 мг-экв /100 г, состав обменных катионов – Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , Al^{3+} . Почва характеризу-

ется повышенной гидролитической кислотностью. Степень насыщенности основаниями – 90-95 %.

Диагностические признаки: мощный гумусовый горизонт, кремнеземистая присыпка, элювиально-иллювиальное распределение ила, SiO_2 и R_2O_3 по профилю.

Чернозем выщелоченный, как и чернозем оподзоленный, относится, по Классификации (2004), к отделу аккумулятивно-гумусовых, типу черноземов глинисто-иллювиальных, но подтипу типичных. Эта почва составляет основу пахотных земель Красноярского края. Поэтому рассматриваются свойства и признаки агрочернозема глинисто-иллювиального типичного. Профиль PU-AU-VI-C(ca). Почвообразующая порода – лессовидные карбонатные суглинки. Карбонаты в профиле почвы появляются с глубины 70-80 см. Они имеют форму псевдомицелия. Содержание гумуса в горизонтах PU и AU достигает 8-9 %, глубже снижается постепенно, рН – нейтральный. Гидролитическая кислотность незначительная. Емкость поглощения высокая, что обусловлено тяжелым гранулометрическим составом и высоким содержанием гумуса. Почва отличается интенсивными процессами мобилизации (накопления) питательных элементов в доступных для растений формах.

Диагностические признаки: мощный гумусово-аккумулятивный горизонт, языковатый характер перехода горизонта AU в VI, комковато-зернистая структура, псевдомицелий карбонатов с глубины 70-80 см, слабая (или отсутствие) дифференциация профиля по илу, SiO_2 , R_2O_3 .

Чернозем обыкновенный, также широко распространенный на пашне региона, относится, по Классификации (2004), к отделу аккумулятивно-гумусовых, типу агрочерноземов, подтипу криогенно-мицелярных. Профиль PU-AU-BCAmc-BCAg-Cca,g. Почва отличается довольно мощным карбонатным профилем. Горизонт BCAmc имеет резкую верхнюю границу, расположенную ниже гумусового горизонта. Карбонаты в формах псевдомицелия и белоглазки. В нижней части профиля отмечается надмерзлотное оглеение, обусловленное сезонным глубоким промерзанием почвы.

Содержание гумуса колеблется от 5 до 7 % в верхнем горизонте, глубже постепенно снижается. Реакция среды нейтральная или слабощелочная. Емкость поглощения варьирует в пределах 25-38 мг-экв/100 г. Состав обменных катионов – Ca^{2+} и Mg^{2+} . Насыщенность катионами основаниями – 100 %.

Диагностические признаки: темный гумусовый горизонт, комковатая структура, высокое залегание карбонатов в формах псевдомицелия и белоглазки, ржавые и сизые пятна Fe_2O_3 и FeO в горизонте Сса, недифференцированный профиль по илу, SiO_2 и R_2O_3 .

Чернозем южный, используемый на полях Красноярского края, по Классификации (2004), относится к отделу аккумулятивно-гумусовых, типу агрочерноземов текстурно-карбонатных. Профиль PU-AU-CAТ-Сса характеризуется ясной дифференциацией на генетические горизонты с резкой границей между ними. Гумусовый горизонт имеет небольшую мощность с комковатой структурой и карбонатами в диффузной (мучнистой) форме. Текстурно-карбонатный горизонт САТ характеризуется плотным сложением, ореховато-призмочной структурой с гумусово-глинистыми кутанами по граням педов, карбонатами в форме белоглазки, иногда пятнами легкорастворимых солей.

Содержание гумуса колеблется от 4 до 6 %, рН слабощелочной. Емкость поглощения – 20-30 мг-экв/100 г почвы. Состав обменных катионов – Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ . Насыщенность основаниями – 100 %.

Почва отличается более низким плодородием по сравнению с другими агрочерноземами. Факторами, ограничивающими плодородие агрочернозема текстурно-карбонатного, являются невысокие запасы гумуса и азота, доступной влаги и высокая концентрация карбонатов, иногда легкорастворимых солей.

Диагностические признаки: дифференцированный по илу и карбонатам профиль, плотное сложение в текстурно-карбонатном горизонте.

Особенности черноземного почвообразования:

- глубокое и периодически сквозное промачивание;
- признаки мерзлотного оглеения;
- многогумусность и малая мощность гумусового горизонта;
- слабая выщелоченность от карбонатов;
- карманистый и языковатый переходы между горизонтами;
- литологическая неоднородность почвообразующих пород;
- микрокомплексность.

Черноземы в структуре почвенного покрова пашни занимают 54 %, среди них доминируют выщелоченные. Содержание гумуса в черноземах всех лесостепных округов постепенно убывает в ряду подтипов: оподзоленные > выщелоченные > обыкновенные > южные (табл. 3). В соответствии с системой показателей гумусного состоя-

ния черноземы оподзоленные характеризуются очень высоким содержанием гумуса, выщелоченные и обыкновенные – высоким, южные – средним. По запасам гумуса и энергии, аккумулированной в гумусе, большинство черноземов оценивается высоким уровнем, что определяет не только высокое потенциальное плодородие этих почв, но и устойчивость их положительных качеств (табл. 4). Лишь в обыкновенных черноземах Минусинской впадины запасы гумуса снижаются до среднего уровня, а в южном соответствуют низкому.

Таблица 3 – Статистические параметры содержания гумуса в черноземах [Чупрова, 1997]

Лесостепь	Подтип чернозема	Глубина, см	n	M±m	V
				%	
Красноярская	Оподзоленный	0-20	23	10,30±0,35	16
		20-40	17	7,00±0,22	16
	Выщелоченный	0-20	108	8,41±0,14	18
		20-40	101	5,95±0,15	25
	Обыкновенный	0-20	53	7,71±0,24	23
		20-40	42	5,34±0,30	30
Канская	Оподзоленный	0-20	4	10,82±1,27	24
		20-40	4	6,98±1,42	41
	Выщелоченный	0-20	37	9,03±0,58	22
		20-40	32	4,90±0,67	53
	Обыкновенный	0-20	6	8,53±0,58	17
		20-40	6	3,95±0,28	18
Ачинско-Боготольская	Оподзоленный	0-20	5	11,56±1,24	24
		20-40	5	8,06±0,41	12
	Выщелоченный	0-20	4	9,78±0,31	6
		20-40	3	6,70±0,69	18
	Обыкновенный	0-20	3	8,33±0,83	17
		20-40	3	3,50±0,36	18
Минусинская	Оподзоленный	0-20	14	10,30±0,54	20
		20-40	8	6,17±0,54	25
	Выщелоченный	0-20	18	9,17±0,31	14
		20-40	9	6,65±0,73	33
	Обыкновенный	0-20	41	7,54±0,33	28
	Южный	0-20	27	4,94±0,28	30

Здесь и далее: n – объем выборки, M – среднее арифметическое, m – ошибка средней, lim – пределы колебаний, V – коэффициент варьирования.

Более высокая изменчивость содержания гумуса в подпахотном слое по сравнению с пахотным обусловлена широко распространен-

ной языковатостью нижней границы аккумулятивного горизонта. Распределение гумуса по профилю разных подтипов черноземов специфично и отражает их подтиповые различия. Оподзоленные черноземы всех лесостепных регионов имеют наибольшую мощность гумусового горизонта по сравнению с выщелоченными и обыкновенными. Самым укороченным гумусовым профилем характеризуются обыкновенные черноземы. Следовательно, в пределах лесостепной зоны по мере нарастания сухости климата происходят закономерные изменения мощности гумусового профиля почв.

Таблица 4 – Запасы гумуса и энергии в пахотном слое черноземов [Чупрова, 1997]

Лесостепь	Подтип чернозема	n	Гумус, т/га		V, %	Энергия гумуса, 10 ³ ккал/га
			lim	M±m		
Красноярская	Оподзоленный	11	164-234	200±7	12	11,0
	Выщелоченный	15	139-211	176±6	12	9,7
	Обыкновенный	23	129-200	164±4	12	9,0
Канская	Оподзоленный	4	150-237	198±20	21	10,9
	Выщелоченный	8	120-224	177±14	22	9,7
	Обыкновенный	6	137-211	160±11	17	8,8
Ачинско-Боготольская	Оподзоленный	5	162-271	217±23	24	12,0
	Выщелоченный	4	165-197	184±7	8	10,1
	Обыкновенный	3	126-179	157±16	18	8,6
Минусинская	Оподзоленный	14	113-237	194±10	19	10,7
	Выщелоченный	19	98-212	174±6	15	9,6
	Обыкновенный	41	64-250	140±6	30	7,7
	Южный	27	57-156	93±5	30	5,1

Сравнительный анализ свойств черноземов разных природных округов свидетельствует о наличии некоторых различий между одноименными подтипами.

В частности, черноземы Канского и Минусинского округов беднее гумусом и азотом, чем черноземы Красноярского, Ачинско-Боготольского и Чулымо-Енисейского округов.

По запасам фосфора черноземы можно выстроить по округам в следующий нисходящий ряд: Канский > Красноярский > Минусинский > Чулымо-Енисейский > Ачинско-Боготольский. Все черноземы имеют высокую сумму поглощенных оснований, нейтральную или близкую к ней реакцию почвенного раствора, высокую степень насыщенности основаниями, благоприятные физические свойства,

водно-воздушнотермический режим и высокое плодородие. Однако следует иметь в виду, генетический тип почв – чернозем – и его под-типы делятся на виды, разновидности по определенным свойствам.

Контрольные вопросы

1. Назовите географическое распространение лесостепных котловин на территории суббореального пояса.
2. Назовите почвообразующие породы на территории суббореального пояса.
3. Назовите особенности климата, рельефа, почвообразующих пород в Центральной лесостепной и степной области суббореального пояса.
4. Назовите растительность в лесостепной и степной зонах суббореального пояса.
5. Дайте характеристику экологических условий почвообразования в Алтайско-Саянской горно-таежной области. Причины и признаки вертикальной зональности.
6. Назовите элементарные (профилеобразующие) процессы в почвах лесостепной зоны
7. Назовите диагностические признаки подстилкообразования, оподзоливания и оглинивания в почвах лесостепной зоны.
8. Назовите элементарные (профилеобразующие) процессы в почвах степной зоны.
9. Назовите отличительные признаки черноземного почвообразования в суббореальном поясе Красноярского края.
10. Назовите причины разной интенсивности процесса гумусонакопления в бореальном и суббореальном поясе.
11. Дайте оценку плодородия черноземов Красноярского края.

Лабораторная работа 1. Диагностика провинциальных особенностей почв земледельческой части Красноярского края

Основные теоретические положения

Глобальная задача XXI века (Доклад ООН, 2002) – переход к устойчивому развитию биосферы. В отношении сельского хозяйства – это применение экологического подхода в земледельческой практике. Для успешного развития современного земледелия необходимы де-

тальные знания свойств почв, почвенного покрова и рациональное размещение ведущих сельскохозяйственных культур. Достижение этого возможно при освоении адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ), которые направлены на устойчивое функционирование агроэкосистемы.

Разработка АЛСЗ опирается на агроэкологическую оценку земель, главной составной частью которой является агроэкологическая оценка почв и почвенного покрова.

Агроэкологическая оценка почв земледельческой территории – комплексная агрономическая (*с учетом требований сельскохозяйственных культур*) характеристика почвенного покрова.

Почвенно-агроэкологические условия – сочетание ряда факторов (*состав и свойства почв, геоморфологические и климатические особенности территории*), которые концентрируются в понятии «агроэкосистема». Оценка продуктивности агроэкосистем по почвенно-агроэкологическим показателям – новый этап в оценочных работах. Принципиальные основы агроэкологической оценки почв заключаются в следующем.

✓ Районирование решает задачи оптимизации размещения сельскохозяйственных культур.

✓ Почвенные группировки используются для учета площадей почв сельскохозяйственных угодий и для собственно агрономических целей.

✓ Систематизация сведений о плодородии почв, определение нормативных показателей, характеризующих уровень почвенного плодородия, включая бонитировку почв и учет пространственной и временной изменчивости почв.

Для детальной агрономической оценки почв территории необходимо учитывать ряд свойств и особенностей их генезиса, которые определяют степень выраженности плодородия почв, т.е. условия их водно-воздушного, теплового, пищевого и других режимов. Основными показателями почв, на учете и оценке которых строится их агрономическая характеристика, являются следующие: гранулометрический (механический) состав почвы; содержание и запасы гумуса; физико-химические свойства (поглотительная способность); реакция растений на ограничение мощности корнеобитаемого слоя.

Гранулометрический состав – относительное содержание различных фракций элементарных почвенных частиц (ЭПЧ) в почве или породе. Гранулометрический состав показывает, какого размера и в

каком соотношении содержатся в той или иной почве ЭПЧ, т.е. в каком сочетании они находятся. В таблице 5 представлена разработанная Н.М. Сибирцевым и впоследствии уточненная Н.А. Качинским классификация почв по гранулометрическому составу.

Таблица 5 – Классификация почв по гранулометрическому составу [Качинский, 1958]

Краткое название почвы по гранулометрическому составу	Содержание физической глины (ЭПЧ <0,01 мм), %		
	подзолистого типа почвообразования	степного типа почвообразования	солонцов и солонцеватых
Песок:			
рыхлый	0-5	0-5	0-5
связный	5-10	5-10	5-10
супесь	10-20	10-20	10-15
Суглинок:			
легкий	20-30	20-30	15-20
средний	30-40	30-45	20-30
тяжелый	40-50	45-60	30-40
Глина:			
легкая	50-65	60-75	40-50
средняя	65-80	75-85	50-65
тяжелая	>80	>85	>65

Помимо отнесения почвы к той или иной разновидности по гранулометрическому составу в соответствии с этой шкалой, во многих случаях, особенно при установлении степени минимизации почвообработки, важно учитывать соотношение механических элементов разной крупности, в значительной мере предопределяющее структурное состояние почв, потенциальную урожайность.

Практикой земледелия установлено, что лучшими с точки зрения гранулометрического состава являются среднесуглинистые почвы, в которых пропорционально представлены как глинистые, так и песчаные частицы. А глинистые почвы плодородны лишь в том случае, если они богаты органическим веществом и обладают комковато-зернистой структурой. Одним из основных принципов экологизации земледелия в концепции адаптивно-ландшафтного земледелия провозглашен *принцип соответствия* агроэкологических требований сельскохозяйственных культур условиям окружающей среды или создание этих условий путем дополнительных вложений в технологический процесс. Существует некий диапазон значений какого-либо

фактора, в котором случаи значимого снижения урожайности культуры единичны и который можно считать оптимальным для данной культуры. Действие фактора за пределами этого диапазона следует считать *не соответствующим* агроэкологическим требованиям растений, является экстремальным или промежуточным состоянием и ведет к устойчивому снижению урожайности культуры или качества продукции. Не все растения одинаково реагируют на гранулометрический состав (табл. 6).

Таблица 6 – Отношение растений к гранулометрическому составу

Супесчаные и песчаные	Средне- и легкосуглинистые	Структурные тяжелосуглинистые и глинистые	Малооструктурные тяжелосуглистые и глинистые
Озимая рожь Картофель Овес песчаный Эспарцет Люцерна желтая Житняк сибирский Тамариск	Сорго Овес Просо Кунжут Гречиха Ячмень Подсолнечник Фасоль Горох Томат Кедр	Пшеница Ячмень Кукуруза Рожь Соя Подсолнечник Лен Сахарная свекла Вика Клевер Лиственница	Рис Кукуруза Люцерна Донник Пырей Ель Дуб

Несмотря на большую экологическую приспособленность к почвам различного гранулометрического состава, есть определенный оптимум для каждой группы растений. Наибольшая урожайность картофеля наблюдается на супесчаных и легкосуглинистых почвах. Группа растений-псаммофитов предпочитает песчаные местообитания: житняк сибирский, овес песчаный, сосна.

Плотность сложения – масса сухого вещества почвы в единице ее объема ненарушенного естественного сложения, выраженная в г/см³. Этот показатель четко и объективно характеризует важнейшие черты строения почвенного профиля, выявляя в нем плотные, уплотненные или рыхлые горизонты. Как правило, плотность сложения иллювиального горизонта почвы заметно выше, чем элювиального и гумусово-аккумулятивного (табл. 7).

Таблица 7 – Плотность сложения почв, г/см³
[Чупрова, Ерохина, 1999]

Глубина, см	Дерново-подзолистая	Серая лесная	Чернозем выщелоченный	Чернозем обыкновенный	Чернозем оподзоленный	Чернозем южный
0-10	1,09	1,16	0,97	1,05	0,9	1,19
10-20	1,36	1,22	1,03	1,08	0,89	1,29
20-30	1,38	1,30	1,12	1,14	1,01	1,30
30-40	1,40	1,34	1,21	1,18	1,06	1,40
40-50	1,40	1,37	1,24	1,20	1,12	1,31
50-60	1,38	1,42	1,29	1,25	1,22	-
60-70	1,36	1,48	1,29	1,28	1,31	1,33
70-80	1,41	1,40	1,31	1,30	1,37	-
80-90	1,41	1,41	1,28	1,28	1,38	1,31
90-100	1,40	1,39	1,30	1,27	1,38	1,41

По величине плотности можно получить сравнительное представление о степени гумусированности отдельных генетических горизонтов почвы. Плотность пахотного слоя почв изменяется в широких пределах – от 0,9 до 1,4 г/см³ [Верещенко, 1961; Бугаков, Чупрова, 1995]. Для большинства колосовых культур значения оптимальной плотности находятся в пределах 1,1-1,3 г/см³, для пропашных – 1,0-1,2 г/см³ [Кирюшин, 1996]. Отклонение плотности почвы от оптимума в сторону увеличения или уменьшения ухудшает условия жизни растений и снижает их урожайность. Понижение плотности уменьшает содержание влаги и элементов питания в единице объема почвы, повышает испаряемость, замедляет всхожесть семян. Увеличение плотности до 1,5-1,6 г/см³ резко понижает доступность влаги и обеспеченность воздухом, приводит к уменьшению глубины проникновения корневых систем, деформации и всевозможным изгибам корней, снижению роста надземных органов. А.Г. Бондарев (1988) предлагает следующую шкалу оптимальных показателей плотности сложения почв для большинства возделываемых культур (г/см³):

- ✓ глинистые и суглинистые – 1,00-1,30;
- ✓ легкосуглинистые – 1,10-1,40;
- ✓ супесчаные – 1,20-1,45;

✓ песчаные – 1,25-1,60.

Анализ изученных почв земледельческой территории Красноярского края свидетельствует о невысоком их уплотнении [Чупрова, Ерохина, 1999]. Сравнительно благоприятные физические свойства серых лесных оподзоленных почв и черноземов обусловлены их хорошим структурным состоянием [Вередченко, 1961; Коляго, 1954] и значительной степенью гумусированности.

П.С. Бугаков, В.В. Чупрова (1995) отмечают рыхлое сложение по всему профилю серых лесных почв и черноземов выщелоченных, что связывают с длительным пребыванием этих почв в мерзлом состоянии, растрескиванием почвы и возрастанием пористости. По мнению Ю.П. Вередченко (1961), фактором рыхлости почв земледельческой части Красноярского региона является периодическое иссушение летом и промерзание зимой.

Химические и физико-химические свойства почв

Органическое вещество почв. Содержание и запасы органического вещества в почвах традиционно служат основными критериями оценки почвенного плодородия, а в последние годы все больше рассматриваются и с точки зрения экологической устойчивости почв как компонента биосферы. Органическое вещество в большой мере определяет пищевой режим почв, их физические и физико-химические свойства, в особенности поглотительную способность, буферность, структурное состояние, влагоемкость. Гумусовое состояние почв принято характеризовать содержанием гумуса в пахотном слое, запасами в слое 0-100 см, отношением C:N, т.е. обогащенностью азотом и отношением углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот, в соответствии с которым определяется тип гумуса (табл. 8).

Оценка содержания гумуса в почвах дифференцирована в зональном аспекте. Для подзолистых и дерново-подзолистых почв по содержанию гумуса в аккумулятивно-гумусовом горизонте выделяются следующие виды :

- ✓ слабогумусированные – менее 0,5 %,
- ✓ малогумусированные – 0,5-1,5 %,
- ✓ среднегумусированные – 1,5-2,5 %,
- ✓ повышено гумусированные – 2,5-3,5 %,
- ✓ многогумусные – более 3,5 %.

Таблица 8 – Показатели гумусного состояния почв
[Гришина, Орлов, 1978]

Показатель	Уровень	Пределы значений	
Содержание гумуса, %	Очень высокое	>10	
	Высокое	6-10	
	Среднее	4-6	
	Низкое	2-4	
	Очень низкое	<2	
Запасы гумуса в слоях: 0-20, 0-100 см, т/га		0-20	0-100
	Очень высокие	>200	>600
	Высокие	150-200	400-600
	Средние	100-150	200-400
	Низкие	50-100	100-200
Обогащенность гумуса азотом, C:N	Очень высокая	<5	
	Высокая	5-8	
	Средняя	8-11	
	Низкая	11-14	
	Очень низкая	>14	
Тип гумуса, $C_{гк} : C_{фк}$	Гуматный	>2	
	Фульватно-гуматный	1-2	
	Гуматно-фульватный	0,5-1	
	Фульватный	<0,5	

Для черноземов и других темноцветных почв выделяются виды: слабогумусированные – менее 3 %, малогумусированные – 3-5, среднегумусированные – 5-7, многогумусные – 7-9, тучные – более 9 %.

Наиболее целесообразным подходом к выявлению агрономической ценности гумуса и его составляющих можно считать разделение всех органических соединений почвы на две большие части: группа консервативных, устойчивых веществ и группа лабильных соединений. Первая группа объединяет специфические гумусовые вещества, которые характеризуют типовые признаки почв и перечисленные их физико-химические и физические характеристики. Эти вещества участвуют в питании растений в малой степени, но создают для них благоприятную среду. Положительная агрономическая роль консервативных составляющих почвенного гумуса наиболее наглядно проявляется в экстремальных ситуациях: в засушливые периоды, при химическом загрязнении почв. Поэтому наиболее устойчивым оказывается земледелие на почвах с высоким содержанием гумуса.

Вторая группа органических веществ почвы, лабильные компоненты которой непосредственно участвуют в питании сельскохозяйственных растений, формируют водопрочную структуру почвы, служат энергетическим материалом для микроорганизмов, проявляется в агрономическом отношении более отчетливо. По компонентному составу она подразделяется на легкоразлагаемое органическое вещество (ЛОВ) и лабильные гумусовые вещества (ЛГВ). К легкоразлагаемому органическому веществу относятся неразложившиеся остатки растительного и животного происхождения, детрит и органические удобрения. Лабильные гумусовые вещества включают неспецифические органические соединения разнообразной природы, прогуминовые и новообразованные гумусовые вещества, гумусовые вещества, непрочно связанные с минеральной частью почвы.

Дефицит лабильных форм органического вещества в почвах определяет состояние так называемой выпаханности, т.е. резкое ухудшение питательного режима и структурного состояния. Поэтому первоочередное значение приобретают мероприятия, направленные на поддержание в почве определенного количества лабильного органического вещества.

Экологический оптимум содержания гумуса в почвах для разных растений варьирует (табл. 9). У растений нет единообразия требований к содержанию гумуса в почвах. Совсем безразличны к гумусовому состоянию почв растения арбуза, прекрасно плодонося и на черноземах, и на полупустынных почвах Астраханской области. Большое количество гумуса отрицательно сказывается на урожайности гречихи.

Емкость катионного обмена является одной из интегральных агрономических и экологических характеристик почв. Емкость катионного обмена в значительной степени обусловлена буферностью почв. С емкостью катионного обмена связывается устойчивость почв к антропогенным воздействиям, в частности к химическому загрязнению. По возрастающей степени устойчивости к антропогенному воздействию почвы разделяются на следующие группы (мг-экв/100 г почвы):

- ✓ с ЕКО менее 10 – низкая;
- ✓ 10-20 – средняя;
- ✓ 20-40 – высокая;
- ✓ более 40 – очень высокая.

Таблица 9 – Группировка сельскохозяйственных культур по отношению к содержанию органического вещества в почвах

Очень требовательные	Требовательные	Умеренно требовательные	Малотребовательные	Безразличные	Богатство гумусом снижает качество
Зерновые культуры					
-	Пшеница, ячмень, кукуруза	Овес, просо, рис	Рожь, сорго	Гречиха	Гречиха
Зерновые бобовые культуры					
Горох	Клещевина, арахис	Фасоль	Соя, нут	-	-
Углеводного типа					
-	Подсолнечник, картофель, сахарная свекла	Картофель	Батат	-	-
Кормовые культуры					
-	Вика, костреч, суданская трава	Тимофеевка луговая, овсяница луговая, житняк, ежа, клевер, донник, люцерна	Тимофеевка луговая, овсяница луговая, житняк, ежа, клевер, донник, люцерна	-	-
Овощные культуры					
Томат, огурец, морковь	Салат, свекла, петрушка, томат, огурец	-	-	-	-

Кисотно-основное состояние обуславливает многие особенности поведения элементов в почве, с ним связаны режимы органического вещества и элементов минерального питания, подвижность соединений (в том числе токсичных для растений).

Реакция почвенного раствора является отражением состава почвообразующих пород, характера, интенсивности основных процессов и режимов, происходящих в конкретных условиях сочетания факто-

ров почвообразования. Те почвы, в которых оподзоливание выразилось в большей степени, а выщелачивание карбонатов и оснований прошло сильнее, обладают большей обменной кислотностью.

Различают два типа почвенной кислотности: актуальную и потенциальную (табл. 10). Актуальная кислотность – это кислотность почвенного раствора (водной вытяжки). Интенсивность (степень кислотности) характеризуется активностью ионов водорода, выражаемой как отрицательный логарифм концентрации ионов водорода. Кислотность почвенного раствора обусловлена растворенными в нем химическими веществами. На величину рН почвенного раствора влияют свободные органические кислоты. Из минеральных кислот большое значение имеет угольная кислота, на количество которой влияет растворение в почвенном растворе диоксида углерода.

Таблица 10 – Уровни кислотности и щелочности почв

рН _{Н₂О}	рН _{ксл}	Оценка
<5,0	<4,0	Очень сильнокислая
5,1-5,5	4,1-4,5	Сильнокислая
5,6-6,0	4,6-5,0	Среднекислая
6,1-6,5	5,1-5,5	Слабокислая
6,6-7,3	5,6-6,0	Нейтральная
7,4-7,9	>6,0	Слабощелочная
8,0-8,5	-	Среднещелочная
8,6-9,0	-	Сильнощелочная
>9,0	-	Очень сильнощелочная

Потенциальная кислотность связана с твердыми фазами почвы и проявляется только при взаимодействии почвы с солевыми растворами. В составе потенциальной кислотности различают обменную кислотность, определяемую при взаимодействии почвы с раствором нейтральной соли, и гидролитическую, определяемую при действии на почву гидролитически щелочной соли. Гидролитическая кислотность почвы является скрытой и показывает почти полную потенциальную кислотность почвы.

Важным показателем необходимости известкования является наличие и величина обменной кислотности. Обменная кислотность своим происхождением обязана совместному наличию в почвах ионов водорода и алюминия, которые находятся в поглощенном состоянии, и представляет собой небольшую, но наиболее опасную часть

почвенной кислотности. Она наблюдается в почвах, в которых процесс выщелачивания оснований осуществляется весьма интенсивно и почва нуждается во внесении извести.

Таким образом, общее представление об обменной кислотности можно получить, определяя рН солевой вытяжки (рН_{KCl}). Установлено, что:

при рН_{KCl} < 4,5 почва сильно нуждается в известковании;

при рН_{KCl} от 4,5 до 5,5 – средняя нуждаемость;

при рН_{KCl} > 5,5 известкование становится ненужным.

Степень кислотности почвы – важный, но не единственный показатель, характеризующий потребность почв в известковании. Наиболее надежно необходимость известкования диагностируется по величине степени насыщенности основаниями (V, %)

$$V = S \cdot 100 / S + H_{\Gamma}$$

где S – сумма поглощенных оснований, ммоль/100 г почвы;

H_Г – величина гидролитической кислотности, ммоль/100 г почвы.

Потребность почв в известковании в зависимости от их насыщенности основаниями, установленная эмпирически, выражается следующей шкалой [Возбуцкая, 1968]. Почвы, у которых:

V < 50 % – сильно нуждаются в известковании;

V = 51-70 % – в средней степени нуждаются во внесении извести;

V > 80 % – не нуждаются в известковании.

При известковании необходимо учитывать биологические особенности сельскохозяйственных культур. По отношению к реакции среды растения могут быть сгруппированы следующим образом.

К *первой* группе относят культуры, характеризующиеся очень высокой чувствительностью к кислой реакции среды почв. Они хорошо растут только при нейтральной или слабощелочной реакции и характеризуются высокой отзывчивостью на их известкование – это люцерна, эспарцет, клевер, сахарная и столовая свекла.

Во *вторую* группу входят культуры, отличающиеся умеренной чувствительностью к кислотности почв (произрастают при слабокислой или нейтральной реакции) и хорошо отзывающиеся на известкование, – яровая пшеница, кукуруза, соя, фасоль, горох, подсолнечник, лук.

К *третьей* группе относят растения, удовлетворительно растущие в широком интервале рН, слабо чувствительные к кислотности

почв (рожь, овес, просо, гречиха, тимофеевка). Они положительно реагируют на применение высоких доз извести.

Четвертую группу составляют культуры:

а) не переносящие избытка кальция в почве – лен;

б) удовлетворительно переносящие кислотность почв и не нуждающиеся в их известковании – картофель.

По отношению к реакции среды почв различаются не только виды растений, но и разные сорта одного и того же вида. Наивысшей отзывчивостью на известкование отличаются сорта, выведенные на почвах, имеющих нейтральную и щелочную среду.

Агроэкологические условия растений, произрастающих на кислых почвах, во многом определяются в них отдельными «кислотоопределяющими» элементами.

Расчет дозы извести

При проведении известкования очень важно установить оптимальную дозу извести в соответствии с особенностями почвы и возделываемых растений. Расчет дозы извести, необходимой для нейтрализации почвы, зависит от величины гидролитической кислотности, выраженной в мг-экв на 100 г почвы. Дозу извести вычисляют по формуле

$$\text{CaCO}_3 \text{ (т/га)} = N_{\Gamma} \cdot 0,05 \cdot d_v \cdot h,$$

где N_{Γ} – величина гидролитической кислотности, ммоль /100 г почвы;

0,05 – количество извести в граммах, соответствующее 1 ммоль почвенной кислотности;

h – высота мелиорируемого слоя, см;

d_v – плотность сложения мелиорируемого слоя, г/см³.

Устанавливая дозу извести, учитывают гранулометрический состав почвы, биологические особенности растений и степень нуждаемости почвы в известковании:

– при *сильной* нуждаемости применяется полная расчетная доза извести;

– при *средней* – 1/2 или 3/4;

– при *слабой* – 1/3 или 1/4 дозы.

Кроме того, учитывается отношение культур к известкованию и гранулометрический состав почвы.

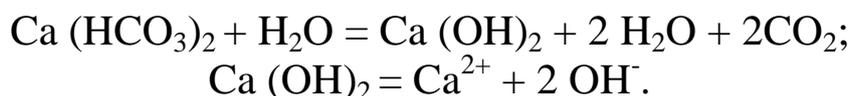
С учетом количества CaCO_3 (%) в известьесодержащем материале (табл. П.1), содержания частиц > 1 мм (П, %) и влаги (W, %) рассчитывается физическая доза извести (M, т/га) по формуле

$$M = \text{CaCO}_3 \cdot 10^6 / \text{CaCO}_3 \cdot (100 - \text{П}) \cdot (100 - \text{W}).$$

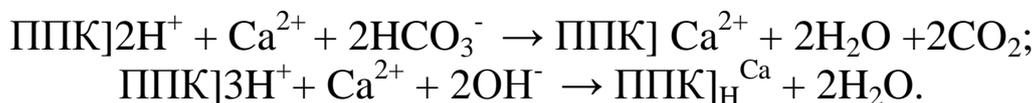
Основное известковое удобрение – известняк CaCO_3 – практически нерастворимо в воде, однако под влиянием содержащейся в почвенном растворе углекислоты карбонат кальция постепенно превращается в растворимый бикарбонат кальция



Бикарбонат кальция диссоциирует на ионы Ca^{2+} и 2HCO_3^- и частично подвергается гидролизу:



В почвенном растворе, содержащем бикарбонат кальция, повышается концентрация ионов Ca^{2+} и OH^- . Катионы кальция вытесняют ионы водорода из почвенного поглощающего комплекса, и кислотность нейтрализуется:



Определение потребности почвы в гипсовании

Потребность почв в гипсовании устанавливают по степени их солонцеватости, которая обусловлена долей обменного натрия (Na, %) от общего количества обменных катионов (ЕКО). Расчет ведется по формуле

$$\text{Na} = (\text{Na} / \text{ЕКО}) \cdot 100.$$

Полученные результаты оцениваются по таблице 11. В гипсовании нуждаются почвы, содержащие более 10 % Na от емкости катионного обмена.

Таблица 11 – Градации почв по степени солонцеватости

Содержание обменного Na, в % от ЕКО		Степень солонцеватости почв
Малогумусные – до 5 % гумуса	Высокогумусные – 6-10 % гумуса	
<3	<5	Несолонцеватые
3-5	5-10	Слабосолонцеватые
5-10	10-15	Среднесолонцеватые
10-15	15-20	Сильносолонцеватые
>15	>20	Солонцы

Коренным способом улучшения этих почв является их гипсование, т.е. внесение в почву в качестве мелиорирующего средства гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Теоретическое обоснование гипсования солонцов было дано в работах академика К.К. Гедройца. При внесении в почву гипса в почвенном растворе устраняется сода, поглощенный натрий вытесняется и замещается кальцием с образованием хорошо растворимой нейтральной соли – сульфата натрия



Таким образом, данный прием устраняет щелочную реакцию солонцовой почвы.

Расчет дозы гипса

Дозу гипса устанавливают по содержанию обменного натрия и определяют по формуле

$$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 0,086 (\text{Na} - 0,1 \cdot \text{ЕКО}) \cdot h \cdot d,$$

где Na – содержание в почве обменного натрия, мг-экв. на 100 г почвы;
 0,1 · ЕКО – количество натрия (свыше 10 %), на которое гипс не вносится, мг-экв. на 100 г почвы;

0,086 – эквивалентная масса гипса, мг;

h – высота мелиорируемого слоя, см;

d – плотность сложения мелиорируемого слоя, г/см³.

С учетом количества $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (%) в мелиоранте (M, т/га) (табл. П.2), содержание частиц крупнее 1 мм (П,%) и влаги (W%) рассчитывается физическая доза гипса по формуле

$$M = \text{CaSO}_4 \cdot 10^6 / \text{CaSO}_4 \cdot (100 - \text{П}) \cdot (100 - \text{W}).$$

Непременным условием успешной мелиорации является удаление побочных продуктов реакции гипсования (Na_2SO_4) из корнеобитаемых горизонтов почвы во избежание ее вторичного засоления, а это достигается при достаточном естественном увлажнении. Поэтому гипсование целесообразно сочетать с мероприятиями, усиливающими промывание почвы (снегозадержание, дренирование), особенно эффективно оно в условиях орошения, которое способствует удалению натриевых солей из почвенной толщи и предотвращает возможность вторичного осолонцевания или засоления почвы. Мелиорирующее действие гипса зависит от степени перемешивания его с почвой. Поэтому гипс обязательно заделывают под глубокую зяблевую вспашку, чтобы солонцовый горизонт лучше перемешать с ним и верхним надсолонцовым горизонтом. Причем способы внесения гипса зависят от глубины залегания солонцового горизонта. Экономически целесообразной считается доза гипса, не превышающая 3-5 т/га в зависимости от степени солонцеватости и возделываемых культур.

Реакция почвенного раствора оказывает и прямое действие на культуры. Негативное влияние повышенной кислотности на растения проявляется через повышенную концентрацию токсичных для растений ионов H^+ , Al_3^+ , недостаток кальция, изменение доступности для растений элементов питания, ухудшение физических свойств почвы, снижение ее биологической активности.

В кислых почвах увеличивается растворимость соединений Fe, Mn, Al, B, Cu, Zn, избыток которых отрицательно влияет на растения. Высокая кислотность снижает доступность молибдена. Усвояемость фосфора максимальна при $\text{pH}=6,5$, в более кислой и более щелочной среде она снижается. Кислая среда ухудшает азотный режим почвы, угнетая процессы аммонификации, нитрификации, азотфиксации. Для этих процессов оптимум pH лежит в интервале 6,5-8,0. Особо негативную роль в кислых почвах играет алюминий. При $\text{pH}=4$ содержание алюминия в почвенных растворах достигает токсичных концентраций для большинства растений, в то время как растворы с $\text{pH}=4$ не имеют такого действия. Близкие эффекты при низких pH оказывает марганец.

На щелочных почвах ухудшается фосфатный режим, возникает дефицит некоторых микроэлементов (Zn, Fe, Mn, Cu). При высокой щелочности возрастает растворимость гумусовых веществ и ухудшаются физические свойства почв. Сильнощелочная реакция неблагоприятна для большинства растений.

Агроклиматические показатели

1. Термические показатели:

- среднегодовая температура;
- среднемесячные температуры самого холодного и самого теплого месяцев;
- сумма температур выше 15, 10 и 5 °С за вегетацию;
- длительность периодов со среднесуточными температурами выше 5, 10 и 15 °С (длительность вегетационного периода для многолетних трав, большинства полевых культур, теплолюбивых культур);
- даты прохождения среднесуточных температур через 0, 5, 10 и 15 °С весной и осенью (даты начала и окончания полевого периода, вегетации многолетних трав, большинства полевых культур, теплолюбивых культур);
- длительность безморозного периода;
- даты промерзания и оттаивания почвы;
- даты устойчивого прогревания почвы до 5 и 10 °С на глубине 5 и 10 см.

Потребность сельскохозяйственной культуры в тепле обуславливает ареал ее распространения в меридиональном направлении на равнинных территориях и в высотных и горных областях (табл. 12).

Таблица 12 – Потребность культур в тепле за вегетационный период

Культура	Характеристика сорта по скороспелости	Сумма активных температур, °С
Яровая пшеница	Раннеспелый	1200-1400
	Среднеспелый	1300-1500
	Позднеспелый	1450-1700
Ячмень	Раннеспелый	950-1750
	Среднеспелый	1200-1350
	Позднеспелый	1300-1450
Овес	Раннеспелый	1000-1250
	Среднеспелый	1250-1400
	Позднеспелый	1400-1600
Кукуруза на силос	Раннеспелый	1800
	Среднеспелый	2100
	Позднеспелый	2400
Гречиха	Среднеспелый	1300
Картофель	Среднеспелый	1600
Горох	Среднеспелый	1300
Многолетние травы	–	900

Она, как правило, определяется необходимой *суммой активных температур (выше 10 °С) за период вегетации*. Важным признаком является также сумма температур для отдельных фаз развития растений. По этому признаку различаются сорта одной и той же культуры, относящиеся к различным типам скороспелости. Несмотря на то что оптимум температур для нормального прохождения фазы практически одинаковый, в связи с разной продолжительностью межфазных периодов (этапов органогенеза) суммы активных температур в одну и ту же фазу развития могут быть разными. В свою очередь, на продолжительность периодов вегетации влияют условия увлажнения. В засушливые годы при повышенных температурах воздуха фазы развития растений ускоряются, во влажные годы, наоборот, замедляются.

Значительным фактором при возделывании сельскохозяйственных культур является *температурный режим в течение вегетационного периода*.

По данным многих исследователей, минимальные температуры прорастания для зерновых составляют 1-2 °С, появления всходов – 2-3 °С, подсолнечника соответственно 5-6 и 8-9 °С; проса, могоара, кукурузы – 8-10 и 10-11 °С (табл. 13). Однако в этих условиях теплообеспеченности прорастание семян и развитие всходов растений происходят очень медленно, что нередко приводит к гибели проростков и изреженности посевов. Поэтому для периода посев–всходы необходимо дожидаться температуры почвы на глубине посева не менее 6-8 °С для зерновых, 8-10 °С для подсолнечника, 12-14 °С для проса и кукурузы (см. табл. 13).

Таблица 13 – Минимальная температура, необходимая для прорастания семян, появления всходов различных культур, °С

Культура	Прорастание семян	Появление всходов
Рыжик, конопля, горчица, клевер, люцерна	0-1	2-3
Рожь, пшеница, ячмень, вика яровая, горох, чечевица, чина, свекла	1-2	2-3
Подсолнечник, картофель	5-6	8-9
Кукуруза, просо, могоар, суданская трава, соя	8-10	10-11
Фасоль, сорго, клещевина	10-12	12-13
Хлопчатник, арахис, кунжут, рис	12-14	14-15

2. Показатели влагообеспеченности:

- сумма осадков за год;
- сумма осадков за вегетацию;
- коэффициент увлажнения;
- сумма осадков за зиму, весну, лето, осень;
- запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-20 см осенью перед началом сева озимых и в слое 0-100 см весной.

Основным источником накопления запасов *почвенной влаги служат осадки*. Однако влагообеспеченность растений в значительной степени зависит от характера и состояния подстилающей поверхности, на которую они выпадают, и степени увлажнения почвы.

Продуктивность климата территории позволяет охарактеризовать определение *итогового климатического индекса*. За 100 баллов принята продуктивность Краснодарского края.

Величина коэффициента увлажнения рассчитывается по формуле

$$КУ = \frac{Дк \cdot Ос}{\sum t > 10^{\circ}C + 500},$$

где КУ – коэффициент увлажнения;

Дк – дополнительный коэффициент (учитывающий местоположение территории, для Красноярского края он 4,5);

Ос – среднегодовая сумма осадков, мм (табл. П.3);

$\sum t > 10^{\circ}C$ – среднегодовая сумма температур выше $10^{\circ}C$ (табл. П.3).

Рассчитанные по этой формуле величины КУ, превышающие 1,10, принимают равными 1,10.

Величина коэффициента континентальности рассчитывается по формуле

$$КК = \frac{360 \cdot (t^{\circ} \max - t^{\circ} \min)}{\mu + 10},$$

где КК – коэффициент континентальности климата;

$t^{\circ} \max$ – среднемесячная температура самого теплого месяца (табл. П.3);

$t^{\circ} \min$ – среднемесячная температура самого холодного месяца (табл. П.3);

μ – широта местности.

Если величина КК больше 200, то ее принимают равной 200. Например, хозяйство расположено на территории Красноярского

края, среднегодовое количество осадков 420 мм, среднегодовая сумма температур более 10 °С равна 1850 °С, дополнительный коэффициент – 4,5. Среднемесячная температура самого теплого месяца 19 °С, а самого холодного -20 °С. Хозяйство расположено на широте 55,4°.

$$КУ = 4,5 \cdot 420 / 1850 + 500.$$

В связи с тем, что коэффициент континентальности получился равным 215, округляем его до 200.

Тогда итоговый климатический индекс составит

$$1850 \cdot (0,8 - 0,05) : (200 + 100) = 4,63.$$

Данный климатический показатель используется для всей территории (хозяйства), за исключением тех случаев, когда, например, климатические параметры в пределах хозяйства сильно варьируют и выделяются отдельно для разных частей (равнинной и горной, таежной и степной и т.д.).

Содержание задания

1. Согласно Системе земледелия Красноярского края (2015), установите принадлежность районов исследования (данных по карточке-заданию) природным округам, зонам и ландшафтам.

2. Определите основное название сравниваемых почв по гранулометрическому составу (по данным верхнего горизонта). При обсуждении покажите влияние, которое оказывает это фундаментальное свойство почвы на формирование других свойств и режимов почвы: водные, воздушные, тепловые, питательный режим, поглотительную способность, эрозионную устойчивость и т.д.

3. Установите закономерности изменения плотности сложения по профилю анализируемых типов почв. Объясните причины этих изменений.

4. Количественные значения содержания гумуса в почве оцените по соответствующим критериям, данным в таблицах 3, 8. Рассчитайте запасы гумуса (Z_g , %) в слое 0-20, 0-100 см

$$Z_g = \text{гумус} \cdot h \cdot d_v,$$

где h – мощность слоя, см;

d_v – плотность сложения, г/см³.

При анализе этих данных обратите внимание на выявление причин, приведших к изменению содержания гумуса в почве, отношение

сельскохозяйственных культур к содержанию органического вещества в почве. Предложите тип и глубину обработки почвы под культуры севооборота. Для обоснования анализируемых данных привлекается научная литература с обязательными ссылками на источники.

5. Используя выданные преподавателем данные, рассчитайте емкость катионного обмена и степень насыщенности почв основаниями. По найденным значениям оцените величину поглотительной способности сравниваемых почв. Проанализируйте и объясните отличия или равноценность значений S , ЕКО и V в зависимости от генезиса рассматриваемых почв и обязательно в зависимости от содержания гумуса, гранулометрического состава, объясните роль коллоидных частиц в величине поглотительной способности почв. Оцените уровень кислотности по рН водной и солевой вытяжки (см. табл. 10):

- установите потребность почвы в известковании по степени насыщенности основаниями (V) и величине обменной кислотности (pH_{kcl}). Если почва нуждается в известковании, необходимо рассчитать дозу извести с учетом степени нуждаемости в известковании и гранулометрического состава почвы, введя поправочный коэффициент к средней дозе извести ($CaCO_3$, т/га);

- составьте план известкования в зависимости от чувствительности культуры севооборота к реакции среды, указав место внесения (поле севооборота) рассчитанной дозы известкового мелиоранта;

- определите степень солонцеватости почв и потребность в гипсовании. Если почва нуждается в гипсовании, необходимо рассчитать дозу гипса.

6. По описанию почвенных профилей выделите элементарные (профилеобразующие) процессы, под влиянием которых они сформировались, и их диагностические признаки.

7. Рассчитайте климатический индекс по предложенной формуле.

8. Подберите сельскохозяйственные культуры для севооборотов с учетом соответствия их биологических особенностей экологическим условиям округа, влияния их на почвенное плодородие и хозяйственной значимости.

Задания

Индивидуальные задания сгруппированы согласно природно-климатическому районированию по геоморфологическим округам Красноярского края.

Вариант 1

Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	рН		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Hr	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Серая тяжелосуглинистая, Казачинский район											
A ₁	0-15	5,90	6,2	6,1	20,6	5,0	25,6	4,2	25,0	17,8	47,3
A ₁ A ₂	17-27	2,48	6,4	6,2	12,1	2,3	14,4	3,5	50,0	10,7	62,4
A ₂ B	24-34	1,40	5,9	5,7	13,1	2,5	15,6	4,2			65,7
B	39-49	0,83	5,6	5,3							64,1
Чернозем оподзоленный, Емельяновский район											
A	0-23	10,2	6,5	5,0	37,0	6,8	43,8	7,3	11,7	12,7	66
A ₁ A ₂	40-50	4,8	6,1	5,0	29,0	3,0	32,0	6,3	5,2	12,5	64
B	63-73	2,3	6,0	4,8	15,0	4,3	19,3	6,1			64
BC	82-92	1,0	6,0	4,8							65
Темно-каштановая среднесуглинистая, Усть-Абаканский район											
Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	рН		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	ЕКО	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
A ₁	0-18	4,60	7,8	-	18,0	12,9	0,6	31,5	6,0	1,9	39,2
AB	18-28	4,3	7,9		16,9	6,1	0,7	23,9	5,7	1,5	37,4
B	28-36	2,9	7,8		8,0	14,4	0,7	23,1			42,9
BC	60-70	-	7,9								37,0

Вариант 2

Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	рН		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Hr	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Чернозем выщелоченный, Сухобузимский район											
A	0-20	9,45	6,6	6,4	29,0	14,0	43,0	0,4	14,8	13,8	64
A	20-30	9,68	6,6	6,4	32,0	6,0	38,0	0,2	14,4	12,2	62
AB	30-40	3,92	6,7	6,4	17,0	2,0	19,0	0,2			71
B	50-60	1,02	6,8	6,4	17,0	2,0	19,0				66
Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	рН		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	S	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Чернозем южный среднегумусный маломощный солонцеватый среднесуглинистая, Аскизский район											
A	0-17	5,80	8,3	-	20,9	11,0	2,4	34,5	13,8	3,12	39,2
B	17-28	2,7	8,7		16,3	6,9	2,8	26,3	12,3	2,89	37,4
BC	40-50	0,3	8,7		13,2	4,0	2,1	21,1			42,9
Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	рН		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Hr	S	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Серая лесная тяжелосуглинистая, Сухобузимский район											
A	0-26	3,0	6,8	5,4	-	-	2,74	32,0	5,0	15,8	60
A ₁ A ₂	26-34	1,6	6,7	5,4			2,62	30,5	7,5	13,2	69
A ₂ B	34-90	0,9	6,4	4,8			2,74	31,5			70
BC _{ca}	90-115	0,9	6,8	4,8			2,07	31,0			73

Вариант 3

Гори-зонт	Глубина, см	Гумус, %	рН		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Нг	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Чернозем обыкновенный, Ужурский район											
A	0-15	5,72	6,5	-	26,0	5,2	31,2	-	15,5	12,2	37
AB	17-22	3,68	6,8	-	23,0	4,7	27,7	-	14,8	10,4	35
Bк	26-36	2,15	6,9	-	18,0	4,2	22,2	-	14,2		37
BCк	52-62	1,05	6,9	-				-			45
Чернозем южный, Минусинский район											
A	0-18	5,61	6,6	-	25,5	4,1	29,6	-	9,5	2,8	43
ABк	20-30	3,45	6,8	-	21,1	3,8	24,9	-	8,9	1,6	45
Bк	40-50	3,01	7,1	-	17,0	4,0	21,0	-			56
BCк	70-80	1,52	7,4	-				-			56
Cк	90-100	0,45	7,5	-				-			56
Гори-зонт	Глубина, см	Гумус, %	рН		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Нг	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Темно-серая среднесуглинистая, Козульский район											
A ₁	6-16	8,64	6,8	6,4	36,1	4,4	40,7	2,4	5,0	19,1	38,7
A ₁ A ₂	21-31	3,67	6,5	6,2	24,2	3,0	27,6	3,3	5,0	19,1	40,3
A ₂ B	38-48	2,33	6,7	6,5	18,3	2,0	21,2	2,1			50,3
B	90-100		7,3								61,1

Вариант 4

Гори-зонт	Глубина, см	Гумус, %	рН		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Нг	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Темно-серая тяжелосуглинистая, Козульский район											
A	0-15	5,90	6,2	5,5	21,4	4,2	25,6	4,2	19,1	13,0	47
A ₁ A ₂	17-27	2,48	6,4	5,4	10,1	4,3	14,4	3,5	19,0	13,0	62
A ₂ B	24-34	1,40	6,5	5,4	11,5	4,1	15,6	4,2	19,0	13,0	65
B	39-49	0,83	6,4	5,5							64
Чернозем выщелоченный, Сухобузимский район											
A	0-10	9,9	6,5	5,9	50,0	6,5	56,5	-	18,2	10,8	57
A	10-20	9,5	6,5	5,8	50,0	7,2	57,2	-	16,8	9,1	58
AB	30-40	4,1	6,3	5,4	30,1	5,0	35,1	-			57
B	40-50	1,4	6,3	5,4	26,2	5,4	31,6	-			55
Bк	70-80	1,2	7,4					-			48
C	140-		7,7					-			64
Гори-зонт	Глубина, см	Гумус, %	рН		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	ЕКО	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Чернозем обыкновенный среднесуглинистый среднесуглинистый тяжелосуглинистый, Орджоникидзевский район											
A	0-17	6,2	6,8	-	37,0	11,0	-	49,0	8,2	4,0	29,8
AB	20-30	3,0	7,0	-	36,0	4,0	-	41,0	7,3	3,5	29,3
B	50-60	0,3	7,0	-	28,0	5,0	-	33,0			28,2
BC		-		-			-				27,8

Вариант 5

Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Нг	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Серая лесная среднесуглинистая, Емельяновский район											
A ₁	2-12	4,03	5,6	5,2	18,2	3,5	21,7	3,4	12,0	40,0	50
A ₁ A ₂	20-30	2,51	4,6	4,2	10,6	2,6	13,2	2,2	11,5	38,6	50
A ₂ B	40-50	0,79	4,9	4,3	13,4	3,1	16,5	2,3			48
B _g	60-69		5,0	4,5							52
Чернозем обыкновенный, Усть-Абаканский район											
A	0-19	4,74	7,2	-	20,0	5,7	25,7		11,5	4,4	45
AB	30-40	1,53	7,6		13,4	4,5	17,9		12,0	2,1	49
B _к	58-68		7,7								52
C _к	93-103		7,8								54
Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	ЕКО	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Чернозем обыкновенный малогумусный маломощный легкосуглинистый, Богградский район											
A	0-10	4,2	6,8	-	16,7	11,7	-	28,4	9,6	4,0	29,8
AB	15-20	2,3	7,0		20,7	7,0		27,7	6,4	3,0	29,3
B	25-30	1,4	7,0		26,5			26,5	7,2	3,0	28,2

Вариант 6

Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Нг	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Чернозем выщелоченный, Рыбинский район											
A	0-20	9,6	6,8	6,2	42,0	13,5	55,5	4,4	11,2	6,8	69
AB	35-45	7,7	6,8	5,6	40,0	5,5	45,5	3,5	10,4	5,6	51
B	60-70	3,7	6,7	5,9	25,5	4,7	30,2	2,8			45
C	120-	0,9	6,8	6,0							45
Дерново-подзолистая среднесуглинистая, Казачинский район											
A _п	0-20	4,05	-	5,6	-	-	20,3	3,8	25,0	23,0	42
A ₂	21-31	1,51		4,8			17,0	5,7	15,02	15,2	35
A ₂ B	34-42	1,44		4,8			17,6	4,6	20,0	7,7	49
B ₁	45-56	0,99		5,0			22,7	4,0			52
B ₂	65-75	0,76		5,0			25,3	3,2			50
Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	S	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Чернозем южный среднегумусный среднемощный, Алтайский район											
A	0-18	5,2	7,2	-	21,2	10,8	0,4	32,4	8,4	2,46	37,1
AB	20-30	2,5	7,7		17,6	8,0	-	25,7	8,0	2,05	32,4
B	50-60	0,3	8,3		12,1	3,6	1,3	17,0			31,8

Вариант 7

Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Hг	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Чернозем выщелоченный, Уярский район											
A _{пах}	0-25	8,5	6,5	-	30	12	42	-	12,4	10,0	49
AB	25-45	5,1	6,5		25	11	36		10,5	9,1	55
B	60-70	1,1	6,5		20	10	30				59
C _к	100-..	1,0	7,5		20	8	28				55
Серая лесная тяжелосуглинистая, Саянский район											
A _{пах}	0-20	4,5	-	4,8	18,7	3,9	22,6	5,3	7,1	13,7	52
A ₁ A ₂	26-36	3,5		4,6	18,5	4,3	22,8	5,4	6,8	11,3	48
A ₂ B	40-50	1,3		4,5	17,3	4,6	21,9	4,2			47
B ₁	65-75	1,0		4,3	23,6	6,3	29,9	4,6			59
B ₂	90-100	0,7		4,6	25,2	5,4	30,6	3,1			62
BC	110-...	0,7		6,8	26,4	4,0	30,4	0,5			58
Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	ЕКО	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Каштановая укороченная легкосуглинистая, Ширинский район											
A	5-15	2,9	7,6	-	11,4	6,7	1,4	18,2	3,14	1,62	24,3
A	20-30	0,9	7,8		10,3	4,6	1,0	15,2	2,46	1,38	26,2
BC	50-60	-	8,2		-	-	-	-			28,8

Вариант 8

Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Hг	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Темно-серая слабоподзоленная глееватая тяжелосуглинистая, Большемуртинский район											
Aп	0-20	9,3	-	5,2	30,7	7,2	37,9	5,2	7,5	8,0	60,0
A ₂	20-30	6,5		4,8	26,0	6,3	32,3	4,8	10,0	8,0	69,0
A ₂ B	40-45	2,6		4,4	25,8	4,6	30,4	4,4	10,01	8,0	70,0
B	60-65	1,3		4,2	25,3	4,2	29,5	4,2	12,5	9,6	73,0
BC	110- ...	0,9		4,6	33,5	5,5	39,0	4,6	10,0	8,0	75,0
Чернозем выщелоченный мощный глинистый, Емельяновский район											
Aп	0-29	9,1	6,6	6,0	38,8	7,3	46,1	-	25,0	16,3	46,1
A	29-51	9,1	6,5	6,0	37,5	6,7	44,2		23,8	16,0	44,2
AB	51-76	3,9	6,6	6,1	36,0	5,9	41,9				41,9
Bк	76-138	2,9	7,2	6,0	17,3	4,5	21,8				21,8
Cк	138 ...	2,3	7,2	5,9	16,8	4,1	20,9				20,9
Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	ЕКО	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Чернозем южный среднегумусный среднемощный, Ширинский район											
A	0-10	8,6	7,2	-	35	9	1	45	10,5	3,2	37,1
AB	20-25	3,1	7,7		29	10	2	41	9,8	2,9	32,4
ABк	30-35	1,3	8,3		24	8	1	33			31

Вариант 9

Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Нг	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Серая среднеподзоленная тяжелосуглинистая, Пировский район											
A ₁	0-10	5,84	-	5,6	-	-	27,8	4,6	7,5	15,2	60
A ₂	15-25	3,45		5,0			22,6	5,1	5,0	19,1	56,3
A _{2h}	30-40	2,3		4,2			28,2	6,7	5,0	19,1	58,3
B _{1g}	50-60			4,0							68,1
Чернозем обыкновенный среднесуглинистый, Новоселовский район											
A	0-20	7,7	7,1	-	30,1	14,1	44,2	-	8,8	16,2	54
AB	20-30	4,1	7,2		29,0	10,4	39,4		8,2	16,4	59
Bк	50-60	1,6	7,3		27,0	7,2	34,2				59
Cк	100-	1,2	7,5								58
Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	ЕКО	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Каштановая сильносолонцеватая тяжелосуглинистая, Бейский район											
A	0-10	3,0	7,2	-	16	7	3	26	3,92	1,45	67,1
AB ₁	15-25	3,1	7,2		11	7	6	24	3,7	1,38	72,4
ABк	30-35	1,9	8,5		24	8	1	32			78,1

Вариант 10

Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Нг	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Чернозем выщелоченный мощный тучный, Иланский район											
A	0-10	11,9	6,5	-	-	-	45	2	18,8	19,8	38,7
A	20-30	9,9	6,3				46	2,2	18,1	18,7	40,3
B ₁	50-60	4,8	6,8				47	2,6			50,3
Дерново-сильноподзолистая среднесуглинистая, Минусинский район											
A ₁ A ₂	0-10	5,2	6,2	5,8	20,0	4,0	24,0	13,0	10,8	7,2	38,7
A ₂	20-30	2,5	5,8	4,8	16,0	3,0	19,0	13,0	8,4	6,5	40,3
A ₂	35-45	2,2	5,6	4,6	15,0	3,0	18,0	11,0	7,3	5,8	50,3
A ₂ B	50-60	1,6	5,4	4,2	19,0	3,0	22,0	5,0			61,1
B ₁	70-80	0,8	5,2	4,0	24,0	4,0	28,0	9,0			
Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	ЕКО	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Темно-каштановая солонцеватая легкосуглинистая, Богградский район											
A _{пах}	0-10	3,38	7,5	-	14,5	7,2	-	23,8	7,1	3,09	37,1
B	22-32	3,1	7,6		10,9	5,6	1,4	16,5	6,9	2,9	32,4
BCк	42-52	0,77	7,6		8,7	2,8	1,4	11,5			31

Вариант 11

Гори-зонт	Глубина, см	Гумус, %	рН		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Нг	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый, Абанский район											
A _{пах}	0-20	8,64	7,1	6,5	36,1	4,4	61,0	1,1	11,0	13,0	55
A	20-30	8,67	7,2	6,7	24,2	3,0	60,4	1,1	10,6	12,4	55
AB	30-40	6,59	6,9	6,4	18,3	2,0	59,2	1,3			56
B ₁	40-70	1,67	6,8	6,3			58,0	1,5			64
Темно-серая среднеподзоленная, Ачинский район											
A ₁	0-17	8,76	-	5,0	-	-	26,2	9,3	7,4	5,0	38,7
A ₂	20-30	3,29		5,2			21,8	6,1	3,2	5,0	40,3
A _{2h}	35-45	3,13		5,0			26,2	5,6	3,4	7,5	50,3
B _g	50-60	1,53		4,8			28,2	5,1			61,1
Гори-зонт	Глубина, см	Гумус, %	рН		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Нг	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Чернозем обыкновенный среднемошный среднегумусный, Большеурицкий район											
A _{пах}	0-20	6,8	-	6,5	-	-	48	2,2	14,1	10,5	38,7
A	27-37	3,6		6,6			42	1,5	13,8	11,0	40,3
AB	46-56	1,5		7,2			-	-			50,3
B	70-80	1,2		7,2							61,1

Вариант 12

Гори-зонт	Глубина, см	Гумус, %	рН		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Нг	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Дерново-подзолистая среднесуглинистая, Казачинский район											
A _{пах}	0-20	4,05	-	5,6	-	-	20,3	3,8	25,0	23,0	42
A ₂	21-31	1,51		4,8			17,0	5,7	15,0	15,2	35
A _{2B}	34-42	1,44		4,8			17,6	4,6	20,0	7,7	49
B ₁	45-56			5,0			22,7	4,0			52
B _{1C}							25,3	3,2			50
Чернозем выщелоченный тучный глинистый, Шарыповский район											
A _{пах}	0-15	11,2	7,3	6,2	51,2	8,1	59,3	-	21,0	16,2	63
A	20-30	8,5	7,2	6,4	46,3	8,9	55,2		18,6	13,0	64
AB	35-45	5,5	7,1	6,1	38,3	7,7	46,0				62
B	58-68	1,1	7,1	6,2		6,1	34,8				61
Гори-зонт	Глубина, см	Гумус, %	рН		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Нг	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Темно-серая среднесуглинистая, Ермаковский район											
A _{пах}	0-20	11,0	-	4,7	-	-	57,9	10,8	31,8	14,2	48,8
A _{1A₂}	28-31	6,7		4,6			45,3	10,9	30,0	13,5	51,7
B ₁	42-50	1,8		4,6			21,9	4,7			53,0
B ₂	60-70	0,9		4,8			18,9	2,25			48,9

Вариант 13

Гори-зонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Нг	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Серая лесная тяжелосуглинистая, Енисейский район											
A _{пах}	0-10	3,8	-	4,5	-	-	24,0	6,81	18,0	14,0	59,6
A _{пах}	10-20	4,2		4,6			22,3	6,97	17,8	14,0	46,7
A ₁ A ₂	25-35	3,1		4,4			23,6	7,28			49,0
A ₂ B	41-47	2,0		4,1			25,0	6,69			59,4
B ₁	50-65	1,05		4,4			30,7	4,59			63,6
Чернозем выщелоченный среднегумусный тяжелосуглинистый, Ужурский район											
A _{пах}	0-20	8,4	6,5	6,1	42,1	7,7	49,8	-	21,0	10,0	63
A	20-30	7,3	6,7	6,1	41,9	7,6	49,5		21,0	9,8	60
AB	30-40	5,7	6,7	6,2	37,7	6,5	44,2				59
B ₁	65-75	2,1	6,5	6,2	27,5	5,6	33,1				55
Гори-зонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	S	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Каштановая тяжелосуглинистая, Аскизский район											
A _{пах}	0-15	3,35	7,85	-	18,94	7,42	1,34	28,7	7,1	3,09	48,8
AB ₁	15-20	1,92	7,75		16,35	6,12	2,03	24,5	5,2	1,94	51,7
AB _к	20-25	1,06	7,3				2,0	24,0			53,0
B	35-40	0,9	7,6				1,74	18,0			48,9

Вариант 14

Гори-зонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Нг	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Чернозем выщелоченный тучный тяжелосуглинистый, Назаровский район											
A _{пах}	0-20	9,9	6,5	5,9	49,7	6,3	56	2,2	4,0	14,0	59
A	30-40	4,1	6,3	5,4	50,2	5,5	55,7	2,2	4,0	13,9	58
AB	40-50	1,6	6,3	5,4	30,2	4,6	34,8				57
B	60-70	1,3	6,7	6,2	26,0						54
Дерново-сильнопodzолистая среднесуглинистая, Дзержинский район											
A _{пах}	0-20	3,6	-	4,9	17,0	3,1	20,1	3,3	5,6	7,9	38,7
A ₂ B	25-30	1,5		4,6	14,3	2,7	17,0	3,1	5,5	7,6	40,3
B	40-50	1,1		5,3	20,3	3,5	23,8	-	5,2		50,3
BC	90-100	0,9		5,6	-		-				61,1
Гори-зонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	S	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Южный чернозем малогумусный маломощный среднесуглинистый, Усть-Абаканский район											
A _{пах}	0-10	5,3	7,4	-	15,08	6,1	1,44	22,6	8,4	2,46	48,8
A	10-15	4,1	7,5				1,40	21,0			51,7
AB	20-25	1,9	7,8				1,16	16,6			53,0

Вариант 15

Гори-зонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Нг	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Дерново-подзолистая среднесуглинистая, Тюхтетский район											
A _{пах}	0-20	4,05	5,9	5,0	17,2	4,9	22,1	4,7	5,2	7,5	42
A ₂ B	25-35	2,8	5,7	4,7	15,6	3,3	18,9	3,5	5,0	7,3	35
B ₁	50-60	1,2	5,8	4,6	23,8	5,8	29,6	3,2			49
B	70-80	0,9	5,9	4,9	26,4	6,7	33,1	3,0			52
C	100 ...	0,9	5,9	5,0	25,8	5,8	31,6	2,5			50
Чернозем обыкновенный тучный тяжелосуглинистый, Сухобузимский район											
A _{пах}	0-15	9,5	6,6	5,2	53,7	8,6	62,3	-	28,0	30,0	52
A	20-30	7,1	7,1	6,4	46,3	9,1	55,4		28,0	30,0	52
AB	40-50	2,4	7,5	7,0	39,4	8,2	47,6				52
B	60-70	0,8	8,2	7,4		-					50
Гори-зонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Нг	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Темно-серая среднесуглинистая, Нижнеингашский район											
A ₁	0-20	5,0	-	6,2	-	-	41,7	2,3	7,5	7,3	38,7
A ₁ A ₂	28-38	2,1		5,4			34	3,6	5,0	5,5	40,3
A ₂ B	41-51	0,9		5,3			35	2,3			50,3
B	61-71	0,7		5,7			32	1,2			61,1

Вариант 16

Гори-зонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Нг	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Серая лесная тяжелосуглинистая, Большеулуйский район											
A _{пах}	0-10	4,4	6,7	5,6	21,6	5,8	27,4	10,0	19,0	15,0	60
A ₁	10-20	4,2	6,7	5,7	21,0	5,7	26,7	10,1	18,4	14,8	69
A ₁ A ₂	20-30	4,1	6,6	5,0	22,7	6,0	28,7	10,5			70
A ₂ B	30-40	3,0	6,3	5,2	23,8	6,4	30,2				73
B	40-50	1,5	5,9	5,1	24,0	6,2	30,2				72
Дерново-подзолистая среднесуглинистая, Тюхтетский район											
A _{пах}	0-20	4,0	-	5,2	-	-	13,6	4,7	10,3	14,5	42
A ₂	21-31	0,95		5,0			9,0	3,3	10,1	13,8	35
A ₂ B	34-42	0,92		5,0			12,2	3,6			49
B ₁	45-56	0,5		5,1			13,7	3,2			52
B ₂	70-87	0,76		5,7			22,0	2,1			50
Гори-зонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Нг	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Чернозем обыкновенный среднегумусный тяжелосуглинистый, Балахтинский район											
A _{пах}	0-15	7,5	7,9	6,3	38,0	3,4	41,4	-	13,0	14,7	52
A	25-35	1,9	7,4	7,0	36,3	3,1	39,4		12,8	14,1	54
AB	45-55	0,9	7,8	7,2	29,4	1,2	30,6				54
B	65-75	0,8	7,8	7,2		-					51

Вариант 17

Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Нг	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Темно-серая лесная тяжелосуглинистая, Курагинский район											
A _{пах}	0-20	9,4	-	5,2	30,7	7,2	332,32	6,3	8,0	12,0	66,4
A ₂	20-30	6,2		4,8	26,0	6,3	,3	8,0	7,6	11,7	57,8
A ₂ B	40-45	2,6		4,4	25,3	4,6	29,9	6,4			63,4
B ₁	60-65	1,3		4,2	25,3	4,2	29,5	4,5			58,4
B ₂	40-50	1,1		4,3	25,8	5,5	31,3	4,0			76,4
BC	50-60	0,9		4,6	33,5	5,5	39,0	3,7			76,4
Дерново-подзолистая сильнооглеенная, Бирилюсский район											
A _{пах}	0-20	3,6	-	4,9	17,0	3,1	20,1	3,3	5,5	7,1	18
A ₂ B	25-30	1,5		4,6	14,3	2,7	17,0	3,1	5,0	6,9	15
B	40-50	1,1		5,3	20,3	3,5	23,8				16
BC	90-100	0,9		5,6							33
Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	S	Нг	P ₂ O ₅	K ₂ O	<0,01мм, %
			H ₂ O	KCl							
Чернозем оподзоленный среднегумусный тяжелосуглинистый, Новоселовский район											
A _{пах}	0-25	9,7	-	6,2	-	-	41,4	-	8,5	22,0	47
A ₁	25-45	6,4		5,8			37,4		8,4	21,4	54
AB	45-64	3,7		5,6			31,6				58
B	65-85	1,4		5,8			30,0				59

Лабораторная работа 2. Агрохимическая оценка почв земледельческой части Красноярского края

Основные теоретические положения

Рациональное использование земельных ресурсов невозможно без детального изучения агрохимических свойств почв. Результаты агрохимических исследований являются основой:

- ✓ для разработки научных рекомендаций и составления проектно-сметной документации по применению средств химизации;
- ✓ планирования и распределения ассортимента минеральных туков по районам и округам;
- ✓ внедрения научно обоснованных систем применения удобрений;
- ✓ разработки технологии производства экологически чистой продукции и эффективного использования сельскохозяйственных угодий;
- ✓ экономической оценки земель, сертификации почв, земельных участков, ведения земельного кадастра и мониторинга.

Оценка обеспеченности почв азотом и определение потребности растений в азотных удобрениях

Проблема азота в земледелии, особенно в Сибири, весьма актуальна, поскольку этому макроэлементу принадлежит важнейшая роль в формировании количества и качества урожая в синтезе азотсодержащих органических соединений. В связи с этим важно оптимизировать питание растений азотом, которое должно быть сбалансировано с другими питательными элементами.

Оптимизация применения азотных удобрений начинается с изучения азотного режима почвы.

Прогноз обеспеченности сельскохозяйственных культур азотом является наиболее сложным, поскольку в отличие от почвенной диагностики фосфорного и калийного питания по количеству азота невозможно составлять многолетние агрохимические картограммы. В течение теплого периода года обеспеченность растений доступными соединениями почвенного азота многократно меняется в зависимости от запасов органических азотсодержащих соединений, способных к разложению, от скорости и направленности процессов минерализации и иммобилизации, от интенсивности потребления и выноса элемента растениями. Кроме того, нитраты обладают большой подвижностью, которая служит причиной их исчезновения из пахотного горизонта в условиях обильного увлажнения, что необходимо учитывать при прогнозе обеспеченности культур азотом.

Агротехнический метод определения обеспеченности растений азотом

В практической деятельности агроном, агрохимик не всегда имеют материалы по количественным характеристикам содержания доступного азота в почве. Однако сориентироваться по возможной обеспеченности культур элементом необходимо. В этом случае можно воспользоваться агротехническим методом (табл.14), основанным на учете закономерностей нитратонакопления в зональных почвах в зависимости от степени гумусированности почв и агротехнического фона (возделываемой культуры и предшественника).

Как указывалось выше, главным энергетическим источником образования доступных растениям минеральных форм азота является валовой (общий) азот, количество которого тесно связано с содержанием гумуса. В таблице 14 все почвы по содержанию гумуса объединены в три группы.

Таблица 14 – Схема определения потребности полевых культур в азотных удобрениях на основе агротехнического подхода

Культура и предшественник	Содержание гумуса в почве, %		
	<5 %, подзолистые и серые лесные	5-10 %, темно-серые лесные, черноземы, каштановые	>10 %, черноземы и лугово-черноземные
Зерновые по пару	IV	IV	IV
Зерновые по занятому пару	III	III	IV
Зерновые по раннему пласту многолетних трав	III	IV	IV
Зерновые по позднему пласту многолетних трав	II	III	III
Зерновые по обороту пласта	II	III	III
Зерновые по удобренным пропашным	II	III	III
Зерновые по зернобобовым	I	II	II
Зерновые по зерновым	I	I	II
Пропашные по обороту пласта	II	II	III
Пропашные по зерновым	I	I	II
Пропашные по пропашным	II	III	III
Пропашные по занятому пару	II	III	III
Многолетние травы по зерновым	I	I	II
Многолетние травы по травам	II	III	III

Примечание: I-IV – классы обеспеченности азотом.

Вторым показателем для примерного прогнозирования эффективности азотных удобрений являются предшественники [Гамзиков, 2013]. Количество нитратного азота находится в прямой зависимости от агротехнических приемов – предшественника, сроков и приемов основной обработки почвы, времени посева и посадки культур. Наиболее активно процессы нитрификации развиваются в паровом поле. При соблюдении технологии подготовки пара в почве в течение теплого периода, под влиянием естественного увлажнения и периодических механических обработок, создаются благоприятные условия для минерализации накопленных за севооборот неспецифических органических веществ. На черноземных, темно-серых, темно-каштановых и лугово-черноземных почвах в полуметровой толще парового поля в течение лета может накапливаться 120-210 кг нитратного азота на 1 га пашни. Поэтому на почвах с высоким потенциальным плодородием при посеве по паровому полю необходимости в применении азотных удобрений не возникнет.

Роль парового предшественника как накопителя нитратов снижается на почвах с низким содержанием органического вещества. На

светло-каштановых, светло-серых и дерново-подзолистых почвах под культуры, высеваемые по пару, необходимо вносить дополнительно азотные удобрения. Основная обработка почвы оказывает существенное влияние на накопление нитратного азота. Систематические безотвальные обработки в сравнении со вспашкой приводят к снижению содержания этой формы азота в 1,4-1,7 раза. Ранняя зябь способствует более интенсивному прохождению процессов минерализации, а следовательно, и повышению запасов доступного азота в почве.

Ранняя распашка многолетних трав (июль-август), в отличие от позднего подъема пласта (сентябрь-октябрь), позволяет создать благоприятные условия для прохождения процессов минерализации органических азотсодержащих веществ и образования высоких запасов минерального азота [Белюсова, 2014; Белоусов, Белоусова, Аветисян, 2016].

В связи с низкой биологической активностью почв под многолетними травами и быстрым потреблением азота растениями накопление минеральных форм этого элемента в течение лета крайне невысокое.

Агротехнический метод оценки потребности культур в азотных удобрениях по содержанию гумуса и предшественникам наиболее прост в исполнении. Однако он несколько условен, поскольку не имеет конкретных количественных характеристик содержания доступного азота.

Агрохимический метод определения обеспеченности растений азотом и потребности в азотных удобрениях

Наиболее достоверным методом прогноза обеспеченности растений азотом и определения потребности в азотных удобрениях является ежегодное агрохимическое обследование. Этот подход, основанный на определении содержания нитратного азота, впервые был предложен А.Е. Кочергиным (1965) для черноземов Западной Сибири. Вслед за А.Е. Кочергиным и Г.П. Гамзиковым подобные шкалы были разработаны для условий Красноярского края, которые оказались близкими к западносибирским. Это позволило разработать единые для Сибири рекомендации по рациональному использованию азотных удобрений [Кочергин, Гамзиков, Крупкин, 1983].

Агрохимическое обследование почв на содержание подвижных форм минерального азота проводится подразделениями государственной агрохимической службы. На основании полевого отбора поч-

венных образцов, аналитического определения содержания азота в образцах и камеральной обработки материалов составляются рекомендации по применению азотных удобрений под культуры. Одновременно рекомендуются приемы и дозы внесения азотных удобрений под культуры, где выявлена недостаточная обеспеченность азотом.

Сроки отбора почвенных образцов. Агрохимическое обследование с целью диагностики обеспеченности растений нитратным азотом во всех регионах проводят по сплошному и аналоговому принципу за 7-10 дней до посева. Прогноз обеспеченности азотом во всех регионах Сибири можно проводить в два срока: поздней осенью или весной до посева. Содержание нитратов в течение периода осень–зима–весна не меняется или, как правило, изменения не выходят из того же класса обеспеченности.

Осеннее агрохимическое обследование проводят после торможения процессов минерализации, т.е. при затухании микробиологической деятельности. Такой период наступает при опускании среднесуточной температуры на глубине пахотного слоя ниже 10 °С, т.е. при наступлении устойчивого похолодания.

Весной агрохимическое обследование ограничено коротким периодом от оттаивания почвы до посадки. Весенний отбор образцов целесообразнее проводить лишь для уточнения обеспеченности растений азотом на тех почвах, где осенью предшествовало агрохимическое обследование.

Глубина отбора образцов для диагностики определяется зональными и провинциальными особенностями почвенного покрова, гидротермического режима и интенсивности биологической активности почв той территории, где намечается проводить обследование. Работами сибирских агрохимиков [Гамзиков, 2013; Крупкин, 2006; Пигарева, 2004] доказана возможность проведения агрохимической диагностики обеспеченности нитратным азотом на производственных массивах по всем предшественникам, кроме пара, из пахотного слоя. По пару, где накапливается максимум нитратов и значительное их количество переносится в подпахотный горизонт, отбор образцов проводится из слоя 0-40 см (отдельно 0-20 и 0-40 см).

Градации обеспеченности почв азотом и потребности растений в азотных удобрениях. Уровни обеспеченности культур доступными соединениями минерального азота за счет почвенных запасов и потребности в дополнительном внесении азотных удобрений уста-

навливаются в соответствии с предлагаемыми градациями для каждого обследуемого слоя (табл. 15).

Таблица 15 – Шкала обеспеченности почв нитратным азотом и определение потребности растений в азотных удобрениях

Класс	Содержание N-NO ₃ , мг/кг	Обеспеченность азотом	Потребность в азотных удобрениях
1	<4,0	Очень низкая	Очень сильная
2	4,1-8,0	Низкая	Сильная
3	8,0-12,0	Средняя	Средняя
4	12,1-16,0	Повышенная	Слабая
5	16,1-20,0	Высокая	Отсутствует
6	20,1-24,0	Очень высокая	Отсутствует
7*	24,1-28,0		
8*	>28		

Здесь и далее: * – 7-й и 8-й классы только для овощных культур.

Градации разработаны на основании полевых опытов по определению отзывчивости растений на внесение азотных удобрений в зависимости от количества нитратного азота, содержащегося при агрохимическом обследовании и накопленного в процессе текущей нитрификации в период вегетации растений. В настоящее время почвы по содержанию нитратного азота делятся на шесть классов обеспеченности для полевых культур и восемь – для овощных.

Накопленный научными учреждениями Сибири экспериментальный материал позволил установить ряд важных положений по азотному режиму почв и применению азотных удобрений [Чупрова, Ерохина, Александрова, 2006; Рудой, 2010; Танделов, 2016; Белоусов, Белоусова, Аветисян, 2016; Белоусова, Белоусов, 2017].

❖ На мерзлотных и сезонно-мерзлотных почвах следует судить об обеспеченности растений доступным азотом по содержанию нитратов, определяемому поздней осенью или весной.

❖ Своеобразные климатические условия Сибири не позволяют в процессе текущей нитрификации накопить в почве под посевами культур достаточного количества нитратного азота для питания растений. Поэтому, используя высокий потенциал минерализации, необходимо создавать необходимый его уровень в паровом поле, где накапливается 120-140 кг/га нитратного азота.

❖ После летней распашки многолетних трав, пропашных культур остается достаточное количество нитратов для формирования

урожая последующей культуры. При ранней уборке озимой ржи, однолетних трав, донника и дальнейшей полупаровой обработке почвы накапливается до 50-60 кг/га нитратного азота.

❖ В степной зоне (на черноземах обыкновенных и южных) в паровых полях накапливается 80-120 кг/га нитратного азота, которого достаточно для создания урожая двух-трех культур, высеваемых после пара.

❖ Для южно-таежной подзоны (на дерново-подзолистых и серых лесных почвах) характерны низкие запасы гумуса и азота, а слабая биологическая активность почв, суровость климата ограничивают накопление доступных растениям форм азота. При паровании в полуметровом слое почвы накапливается до 30-50 кг/га нитратного азота, что соответствует урожаю лишь в 8-10 ц/га зерна. В этих условиях проявляется высокая потребность сельскохозяйственных культур в азотных удобрениях.

❖ Своеобразие почвенно-климатических условий Сибири требует учета оптимального соотношения азота, фосфора и калия: в таежной и подтаежной зонах – 1,5: 1: 1,6; в лесостепи – 1,2: 1: 0,3; в степи – 0,7: 1: 0,2.

Оценка обеспеченности почв фосфором и потребность растений в фосфорных удобрениях

В производственных условиях важен правильный прогноз эффективности фосфорных удобрений с учетом уровня обеспеченности почв элементами питания и доз фосфорных удобрений для получения наивысшей окупаемости затрат. По содержанию подвижного фосфора 28,8 % почв Красноярского края характеризуется очень низким и низким, 55,2 % – средним и повышенным и 16 % соответствует высокому и очень высокому уровню обеспеченности. Острый дефицит фосфора отмечается в почвах Ирбейского, Козульского, Манского, Партизанского, Тюхтетского, Саянского муниципальных образований, где на долю почв с низким и очень низким содержанием подвижного фосфора приходится более 50 % почв [Пути сохранения и повышения..., 2020].

Решение данной проблемы возможно путем постановки диагностических опытов. Для оценки степени обеспеченности почв фосфором и составления агрохимических картограмм приняты градации, которые разработаны Красноярским НИИСХ. Основой этих градаций

послужили результаты полевых опытов, проведенных в основном в типичной лесостепи Канского округа и Ачинско-Боготольской лесостепи. Для исследований были выбраны 2 контрастных по комплексу природных условий лесостепных округа, расположенных в двух физико-географических странах: в юго-западной части Восточно-Сибирского плоскогорья (Канская лесостепь) и на восточной окраине Западно-Сибирской низменности (Ачинско-Боготольская лесостепь).

В исследованиях для определения фосфора был использован метод Труога, поэтому для создания градаций по методу Ф.В.Чирикова, который в это время уже широко использовался в агрохимической службе, был произведен перерасчет аналитических данных.

Шкалы, полученные для Ачинско-Боготольской лесостепи, были распространены и на почвы Чулымо-Енисейской, а для Канской – на почвы Красноярской и Минусинской (табл. 16).

Таблица 16 – Содержание подвижного фосфора в почвах разных почвенно-климатических зон

Класс обеспеченности	Почвенно-климатические зоны	P ₂ O ₅ , мг/100 г почвы		
		по Кирсанову	по Чирикову	по Мачигину
1	Канская, Красноярская, Минусинская лесостепи с прилегающей южной тайгой и степью	<15	<10	<1
2		15-20	10-15	1-2
3		20-25	15-20	2-3
4		25-30	20-25	3-4,5
5		30-35	25-30	4,5-6
6		35-40	30-35	6-8
7*		40-45	35-40	8-10
8*		>45	>40	>10
1	Ачинско-Боготольская, Чулымо-Енисейская лесостепи и прилегающая южная тайга	<5	<2,5	<1
2		5-10	2,5-5	1-2
3		10-15	5-10	2-3
4		15-20	10-15	3-4,5
5		20-25	15-20	4,5-6
6		25-30	20-25	6-8
7*		30-35	25-30	8-10
8*		>35	>30	>10

Общеизвестно значение фосфора при формировании урожая сельскохозяйственных культур. Но наибольший интерес для сельского хозяйства представляет не весь валовой запас фосфора, а наиболее

доступная для растений его подвижная часть, а также процессы трансформации в нее недоступного почвенного фосфора и фосфора удобрений. Основной формой минерального фосфора в почве являются апатиты – природные и вторично образованные. Минеральные формы находятся преимущественно в виде соединений ортофосфорной кислоты с ионами кальция, магния, железа и алюминия. Значительная доля ионов фосфора адсорбируется на положительно заряженной части почвенного поглощающего комплекса (базоидами). Адсорбированные ионы фосфора удерживаются прочнее катионов.

В почве одновременно протекают разнонаправленные процессы. Происходит иммобилизация органическим веществом фосфора почвенного раствора и минерализация органических веществ, которая сопровождается поступлением фосфора в почвенный раствор. В почвенный раствор поступает фосфор в результате десорбции его из минеральных соединений, и происходит сорбция (осаждение) фосфатов почвенного раствора минеральной частью почвы [Соколов, 1950]. Уровень фосфорного питания растений зависит от растворимости минеральных форм фосфора. Характер реакции почвенного раствора обуславливает преобладание одного из трех ионов фосфора (рис. 2).

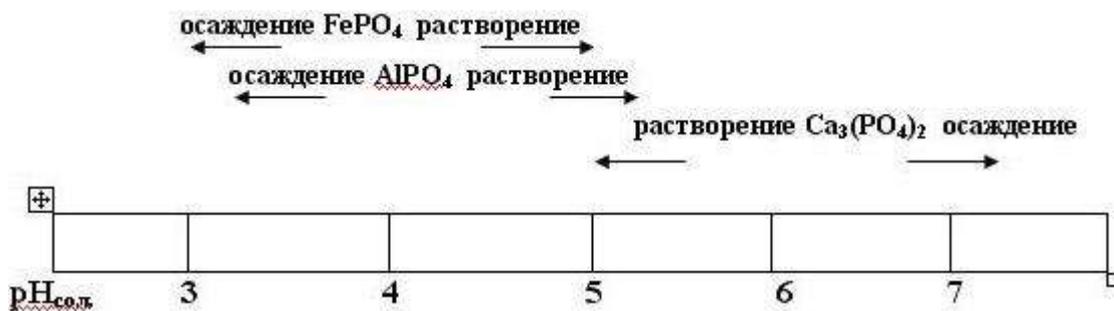


Рисунок 2 – Растворимость и возможность химического поглощения фосфора в почвах [Томпсон, Трой, 1982]

В интервале кислых и нейтральных почв преобладает монофосфат – одновалентный ортофосфат – H_2PO_4 , в щелочной среде – при pH выше 7,2 доминирует двухвалентный ион HPO_4 . Ион PO_4 появляется при pH выше 10. Наиболее легко абсорбируется растениями монофосфат. Количество фосфора в почвенном растворе (HPO_4 , H_2PO_4), как правило, не превышает 1 кг/га пахотного слоя почвы.

Лучше всего растениями усваиваются водорастворимые фосфаты. Но водорастворимых солей фосфорной кислоты в почвах обычно так мало, что по их количеству нельзя судить о степени обеспечен-

ности растений фосфором. В связи с этим определение количества фосфатов, переходящих в водную вытяжку из почвы, не дает правильного ответа на то, сколько фосфора находится в почве в форме, доступной для растений.

Для оценки уровня обеспеченности растений фосфором используются показатели экстракции фосфатов из почвы различными растворителями: кислотными, щелочными разной концентрации, а также растворами солей, которые извлекают из почвы водорастворимые фосфаты и часть соединений фосфора, не растворяющихся в воде.

Агрохимической службой Красноярского края принято использовать:

- ✓ на нейтральных почвах (черноземного типа) 0,5 н уксуснокислую вытяжку по Ф.В. Чирикову;
- ✓ на почвах элювиального ряда (серые лесные, дерново-подзолистые) – 0,2 н солянокислую вытяжку по А.Т. Кирсанову;
- ✓ на карбонатных почвах (черноземах южных, обыкновенных, каштановых почвах) 1 % раствор углекислого аммония по Б.П. Мачигину.

Разработанные шкалы в настоящее время являются основой для составления агрохимических картограмм (см. табл. 16). В почвах пашни наблюдается сильная пространственная изменчивость содержания фосфатов. Кроме того, в процессе систематического удобрения почвы в них происходит накопление подвижных форм питательных веществ. В связи с этим в почве одновременно присутствуют природные фосфаты и фосфаты, накопленные при систематическом внесении удобрений. В последние десятилетия изменились приемы внесения фосфорных удобрений, выявлено преимущество локального внутрипочвенного внесения этих удобрений. Поэтому существующие градации по фосфору являются дискуссионными, необходимо более детальное их уточнение.

Многочисленными исследованиями доказана неодинаковая потребность в фосфоре разных групп сельскохозяйственных культур: наименее требовательны зерновые, далее следуют пропашные, наивысшей потребностью в фосфоре отличаются овощные. На почвах с высоким и повышенным содержанием фосфора (20-25 мг/100г) дополнительное внесение фосфорных удобрений продолжает быть эффективным, однако прибавки зерна снижаются в два раза.

В этом случае целесообразно внесение фосфорных удобрений вместе с семенами небольшими дозами (10-20 кг д.в./га) локально.

Это обусловлено низкими температурами в весенне-раннелетний период, что затрудняет усвоение почвенных фосфатов [Житов, Долгополов, Дмитриев, 2004]. На почвах со средним содержанием нужны небольшие дозы фосфора – по 30-40 кг/га, с низким и очень низким – по 50-80 кг/га в зависимости от возделываемой культуры.

*Определение возможности фосфоритования почв
по графику Б.А. Голубева*

Эффективность фосфоритной муки зависит от многих факторов, знание и учет которых определяют продуктивное использование этого удобрения. Для установления зависимости эффективности фосфоритной муки от физико-химических свойств почв и содержания в них доступных фосфатов исследователи использовали результаты многочисленных опытов, проведенных на почвах Приенисейской Сибири. Опубликованные материалы исследований Ю.Н.Трубникова (2005) свидетельствуют о возможности обеспечения Сибирского региона фосфорными удобрениями за счет организации производства фосфоритной муки из руд местных месторождений. Наиболее перспективные месторождения фосфоритов расположены в Алтае-Саянском фосфоритоносном бассейне – Сейбинское, Обладжанское и Телекское.

Различия природных, физико-химических и структурных особенностей фосфоритов, используемых в качестве сырья для производства фосфоритной муки и концентрированных фосфорных удобрений, могут существенно влиять как на технологию производства, так и на их эффективность. Фосфориты основных месторождений Приенисейской Сибири относятся к кремнистым (Сейбинское), карбонатным (Обладжанское) и кремне-карбонатным (Телекское) разновидностям со средним содержанием P_2O_5 – 16,2, 25,3, 15,5 % соответственно. По соотношению полуторных окислов к P_2O_5 фосфориты в основном не отвечают требованиям для кислотной переработки. По величине соотношения лимонно-растворимой фракции к общему P_2O_5 предпочтения имеют сейбинские и телекские фосфориты. Содержание почвенных фосфатов отрицательно коррелирует с эффективностью фосфоритной муки ($r = -0,66...-0,83$) [Трубников, Крючков, 2018]. Ограничивающим условием эффективного действия фосфоритной муки на почвах земледельческой части Красноярского края

является высокая степень насыщенности основаниями, низкая кислотность и нейтральная или близкая к нейтральной реакция почвы.

Возможность замены водорастворимого суперфосфата нерастворимой в воде фосфоритной мукой и эффективность ее действия напрямую зависят от степени кислотности почвы и насыщенности почвы основаниями.

Зависимость между указанными свойствами почв и возможностью более эффективного применения фосфоритной муки определяют с помощью графика Б.А. Голубева (рис. 3).

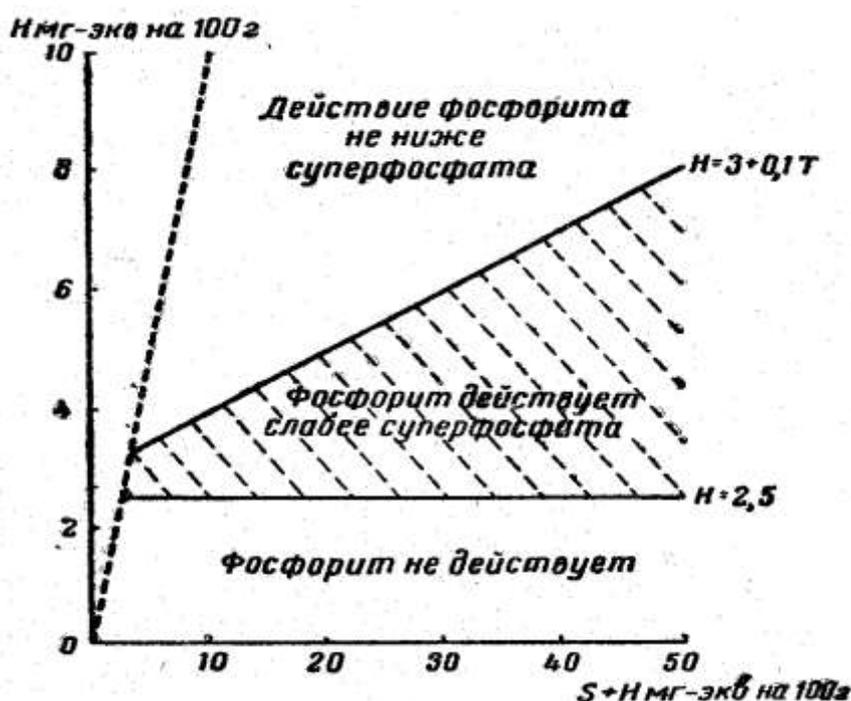


Рисунок 3 – График Б.А. Голубева для прогноза действия фосфора фосфоритной муки

В фосфоритной муке фосфор находится в соединении $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, не доступном для растений. На почвах с гидролитической кислотностью ниже 2,5 ммоль /100 г почвы – фосфорит не действует, фосфоритную муку применяют только после компостирования с навозом, торфом; действие фосфоритной муки может быть равным действию суперфосфата при высоких значениях потенциальной кислотности и ненасыщенности почвы основаниями, поэтому фосфоритную муку применяют в чистом виде.

Оценка обеспеченности почв калием и потребность растений в калийных удобрениях

Важным элементом питания растений является калий. По данным агрохимического обследования, в Средней Сибири преобладают почвы с повышенным и высоким содержанием обменного калия (66 %). Среди пахотных угодий на долю почв с очень низким содержанием приходится 8,6 %, а со средним – 18,7 %. Лучшей обеспеченностью обменным калием характеризуются почвы Чулымо-Енисейского, Минусинского, Канского округов.

Недостаток обменного калия отмечается в Бирилюсском, Енисейском, Казачинском, Козульском, Манском, Тюхтетском муниципальных образованиях. Преимущественно это районы с преобладанием дерново-подзолистых и серых лесных оподзоленных почв легкого гранулометрического состава. Вероятной причиной дефицита обменного калия является минералогический состав почв. Здесь в отличие от черноземов преобладают полевые шпаты, из которых калий медленнее высвобождается и переходит в обменную форму [Пчелкин, 1966], доступную для питания растений. В Красноярской лесостепи резервом обменного калия в черноземах и серых лесных почвах является гидролизуемый и фиксированный калий, на его долю приходится 26 и 15 % соответственно от валового калия [Горбачева, 1977].

Валовое содержание калия в почвах выше, чем азота и фосфора. Оно определяется прежде всего минералогическим и гранулометрическим составом почвы. Объясняется это тем, что большая часть почвенного калия входит в состав полевых шпатов, слюд и различных глинистых минералов (иллит, монтмориллонит, вермикулит). Полевые шпаты (ортоклаз, роговая обманка, микроклин) распространены весьма широко – на них приходится 60 % минералогического состава поверхностного слоя земной коры. В их составе 10-12 % занимает оксид калия. Большое распространение имеют калийные слюды – мусковит, биотит, флогопит. Мусковит содержит в среднем 10 %, а биотит 8 % оксида калия. В результате выветривания и биохимического разрушения полевых шпатов и слюд образуются гидрослюды (вторичные минералы). Они входят в состав преимущественно дисперсных фракций почвы. Поэтому содержание калия в почвах зависит от их гранулометрического состава. Меньше всего калия содержится в торфяниках и песчаных почвах, в легких подзолистых и дерново-подзолистых почвах.

Для правильного суждения об обеспеченности почв подвижным калием и его доступности растениям необходимо знать не только его содержание, но и степень подвижности. Калийное состояние почв связано со способностью катионов переходить из одной формы в другую (рис. 4). Эти превращения заключаются в возможности ионов калия занимать различные по прочности связи с почвой позиции, и относятся к двум противоположно направленным, обратимым процессам – *фиксации* (адсорбции) и *мобилизации* и (десорбции). Под фиксацией калия понимают переход катионов, находящихся в почвенном растворе или в обменном состоянии, в *необменную* (находящийся в структуре слюдоподобных минералов и органо-минеральных смектитовых комплексов) форму.

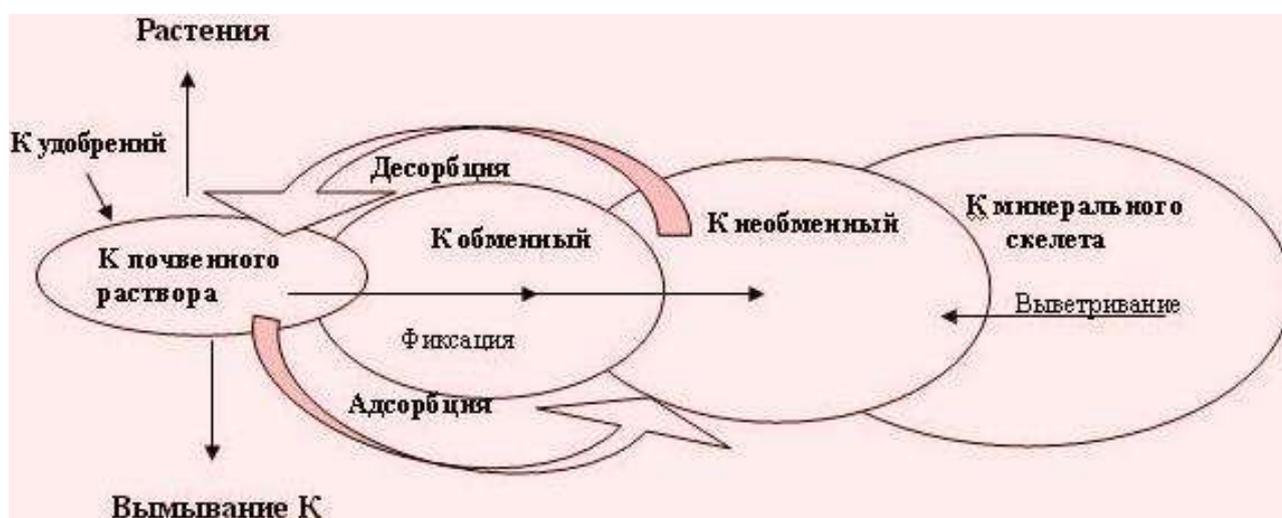


Рисунок 4 – Формы калия в почве и их трансформация [Krauss, 2002]

Поэтому фиксацию калия следует рассматривать как процесс, ответственный за его накопление и сохранение. *Фиксация калия в необменном состоянии* характерна для почв, богатых глинистыми минералами со сложной, трехслойной кристаллической решеткой. Этот калий внедряется в межпакетное пространство кристаллической решетки. Фиксация калия происходит при попеременном чередовании увлажнения и высушивания почвы, значительном содержании органического вещества почвы и щелочной реакции почвенного раствора. Иногда фиксированный калий удерживается так прочно, что становится недоступным для растений. По данным С.М. Горбачевой (1977), в Красноярском крае необменная фиксация калия приводит к

потере этого элемента на черноземных, лугово-черноземных и серых лесных почвах до 60 %, на серых лесных почвах до 25 %.

Десорбционная способность контролирует механизм удаления-потребления почвенного калия. Установлено, что чем большее количество катионов адсорбировано на неспецифических позициях со слабой связью с минеральной основой почвы или чем выше насыщенность почвы калием, тем большей подвижностью обладают его ионы, тем легче они переходят в раствор. Следовательно, *обменный калий* – часть калия почвы, расположенная на поверхности органо-минеральных коллоидов и на специфических позициях вторичных минералов. Резервом постоянного возобновления доступных для растений форм калия являются необменные формы. Таким образом, большую часть калия растения поглощают из почвенного раствора, поэтому водорастворимую форму следует считать показателем питания растений калием. Однако содержание водорастворимого калия в почве невелико, и как фактор, характеризующий эффективное плодородие почв, существенного значения не имеет [Пчелкин, 1966]. Об обеспеченности растений калием судят по содержанию в почве его *обменной* формы.

Шкалы по содержанию калия в почвах для условий Красноярского края не разрабатывались. Агрохимическая служба составляет агрохимические картограммы по наличию этого элемента питания в почвах на основе шкал, разработанных в европейской части России. Данный факт в значительной степени обусловлен богатством абсолютного большинства почв Красноярского края обменным калием в связи с тяжелым гранулометрическим составом и высокой гумусированностью большинства из них.

Определение обменно-поглощенного калия проводится в тех же вытяжках, что и подвижный фосфор: по методам А.Т. Кирсанова, Ф.В. Чирикова, Б.П. Мачигина. Методы основаны на вытеснении калия из почвенного поглощающего комплекса каким-либо катионом, например H^+ , а в карбонатных почвах определение обменного калия проводится в 1 % углеаммонийной вытяжке по Б.П. Мачигину.

Принцип метода. Обработка почвы 0,5 н раствором уксусной кислоты, при соотношении почвы к раствору 1:2,5, приводит к вытеснению обменного калия ионами водорода. Обеспеченность почвы обменным калием оценивается по местным градациям (табл. 17).

Таблица 17 – Группировка почв по содержанию обменного калия в условиях Красноярского края

Класс обеспеченности	K ₂ O, мг/100 г почвы по методу			Обеспеченность почв калием для разных групп культур		
	Кирсанова	Чирикова	Мачигина	Зерновые, зернобобовые	Пропашные и многолетние травы	Картофель, овощи, корнеплоды
1	<5	<5	<10	Низкая	Очень низкая	Очень низкая
2	5-10	5-7	10-20	Низкая	Низкая	Очень низкая
3	10-15	7-9	20-30	Средняя	Низкая	Очень низкая
4	15-20	9-11	30-40	Повышенная	Средняя	Низкая
5	20-30	11-15	40-60	Высокая	Повышенная	Средняя
6	30-40	15-20	60-80	Очень высокая	Высокая	Повышенная
7*	40-50	20-25	80-100	Очень высокая	Очень высокая	Высокая
8*	>50	>25	>100	Очень высокая	Очень высокая	Очень высокая

Требовательность культур к калийному питанию в различные периоды их роста и развития неодинаковая. Уровень калийного питания определяется динамикой и интенсивностью потребления элемента в течение вегетации. Интенсивное потребление калия яровой пшеницей приходится на периоды кущения-трубкования и колошения-цветения. Примерно за 30 дней культура усваивает из почвы количество калия, которое необходимо на весь жизненный цикл. Наивысшая концентрация калия отмечается в фазу кущения (3,5-4 %), относительный минимум приходится на период созревания.

По этим показателям сельскохозяйственные растения подразделяются на 2 группы:

а) *высокотребовательные к уровню калийного питания* и отзывчивые на высокие дозы калийных удобрений – картофель, сахарная свекла, ячмень, подсолнечник, гречиха, просо, капуста, морковь, огурец, баклажаны, петрушка, сельдерей;

б) *культуры с нормальной потребностью в калии*, положительно отзывающиеся на последствие калийных удобрений, внесенных в высоких дозах под предшествующую культуру – пшеница, овес, горох и др.

Содержание задания

1. Дайте оценку обеспеченности почв доступным азотом, учитывая роль предшественника и содержание гумуса (см. табл. 14).

Определите потребность сельскохозяйственных культур, выращиваемых в севооборотах, в нитратном азоте, пользуясь разработан-

ными градациями (см. табл. 15). Полученные данные по обеспеченности почвы азотом в севообороте представьте в виде таблицы по форме (табл. 18).

Таблица 18 – Обеспеченность доступным азотом сельскохозяйственных культур севооборота в зависимости от содержания гумуса и предшественников

Севооборот	Класс по содержанию	Обеспеченность	Примерное содержание N-NO ₃ , мг/кг почвы

Укажите мероприятия, способствующие накоплению азота в почве (введение паров, посев многолетних трав, сидерация, внесение органических и минеральных удобрений и т.д.).

2. На основании данных по содержанию в почве подвижных фосфатов (P₂O₅) и обменного калия (K₂O) проведите анализ обеспеченности почв этими элементами питания по местным градациям (см. табл. 16, 17). Результаты оценки обеспеченности почв фосфором и калием представьте в виде таблицы 19, указав метод их определения (Чириков Ф.В., Кирсанов А.Т., Мачигин Б.П.).

Таблица 19 – Обеспеченность подвижным фосфором и обменным калием по методу...

Элемент питания	Содержание, мг/100 г почвы	Обеспеченность для культур севооборота		
		Зерновые, зернобобовые	Пропашные, травы	Картофель, овощи
P ₂ O ₅				
K ₂ O				

3. Определите возможность применения фосфоритной муки, предложите способ ее использования, укажите место внесения в севообороте.

4. Произведите расчеты и анализ планируемой урожайности сельскохозяйственных культур в севооборотах, учитывая средние запасы продуктивной влаги в почве перед посевом в зависимости от предшествующей культуры, количество выпавших осадков за вегетационный период, а также коэффициенты водопотребления.

Под урожайностью понимают показатель, характеризующий средний сбор каждого вида сельскохозяйственной продукции с единицы площади. Урожайность сельскохозяйственных культур принято определять в расчете на 1 га.

Продуктивность – основной показатель сельскохозяйственного производства. Под продуктивностью понимают относительный показатель объема продукции к ресурсу, которым может являться гектар, единица энергии. Продуктивность выражается в физических и стоимостных единицах. На нее влияет значительное число факторов.

При планировании урожайности следует помнить, что в районах недостаточного увлажнения лимитирующим фактором урожайности сельскохозяйственных культур является в первую очередь почвенная влага. Поэтому, планируя урожайность, необходимо учитывать продуктивные запасы влаги в почве и количество атмосферных осадков за вегетационный период, а также использование влаги растениями.

При таких условиях урожайность определяется согласно формуле

$$O_i = \frac{\hat{E}(\hat{I} \hat{A} + \hat{A}\hat{I})}{\hat{I}},$$

где K – коэффициент использования влаги культурами при применении удобрений (табл. П. 4);

$PВ$ – запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы, мм (табл. П.5);

$АО$ – атмосферные осадки за вегетационный период (до созревания растений), мм (табл. П.6);

$Н$ – расход влаги (норматив затрат) на создание 1 ц основной продукции с учетом побочной, мм (табл. П.7).

Планируемая урожайность ($Уп$) рассчитывается для всех культур севооборота.

5. Планируемая прибавка урожая ($Пу$) в условиях Красноярского края при рациональных способах внесения удобрений составляет: в зоне тайги и подтайги – 35 %, лесостепи – 30 %, степи – 25 %. Для расчета прибавки урожая используют пропорцию

Уп – 100 %,

Пу – 25-35 % (в зависимости от почвенно-климатической зоны).

6. Для оценки общей продуктивности севооборота и подсчета эффективности системы удобрения используют коэффициенты перевода урожая в зерновые единицы, которые приведены в таблице П.8. Прибавка в зерновых единицах рассчитывается умножением планируемой прибавки (ц с 1 га) на коэффициент перевода в зерновые единицы. Затем рассчитывается суммарная за севооборот прибавка урожая в зерновых единицах.

7. Все результаты следует занести в таблицу 20 и провести анализ изменения величины урожайности полевых, кормовых и овощных культур севооборотов, сформулировать выводы.

Таблица 20 – Продуктивность севооборота

Севооборот	Площадь поля, га	Планируемый урожай, ц/га	Планируемая прибавка, ц/га	Коэффициент перевода в зерновые единицы	Прибавка в зерновых единицах, ц з.е./га
1					
2					
...					
Итого					

На величину урожая различных культур влияет не только количество осадков за вегетационный период, но и характер их распределения: при отсутствии в мае и июне страдают зерновые, а при засушливой второй половине лета (июль, август) – пропашные. По мере уменьшения среднегодовой суммы осадков и нарастания засушливости климата выявлено снижение эффективности азотных удобрений и усиление действия фосфорных туков. Во влажные годы возрастает роль азотных удобрений, а при недостатке инсоляции – калийных.

Лабораторная работа 3. Баланс гумуса в севообороте и потребность в органических удобрениях

Основные теоретические положения

В основе построения рациональной системы земледелия лежит выбор культур, продукция которых востребована на рынке, и адаптация их возделывания в соответствии с почвенно-климатическими ус-

ловиями территории и материально-техническими возможностями хозяйства. Адаптация осуществляется путем изменения севооборотов, систем обработки почвы, доз удобрений и других средств управления продуктивностью агрофитоценозов.

Исследования И.Н. Шаркова (2010) показывают, что в рамках такой системы земледелия содержание гумуса под влиянием приемов интенсификации продукционного процесса растений увеличивается незначительно – всего лишь на 0,1-0,2 % С. По мнению автора, достигнуть значительного увеличения содержания гумуса в почвах можно только за счет применения специальных мероприятий – внесения мелиоративных доз навоза или торфа или перевода почвы на многие годы в залежь. Однако реализация таких мероприятий будет оправдана только в случае, если увеличение гумусированности явится наиболее эффективным средством улучшения свойств почвы, лимитирующих урожайность культур севооборота. Поэтому решение о применении специальных мероприятий должно обосновываться экономически на основе сопоставления затрат на их осуществление и той выгоды, которую хозяйство получит от повышения урожайности культур или снижения технологических издержек.

Увеличение поступления растительных остатков, не влияя существенно на накопление гумуса, значительно повышает в почве среднегодовую емкость круговорота биогенных элементов, что важно для оптимизации питания ими растений (прежде всего азотом) в условиях с нестабильными гидротермическими условиями. Поэтому в почве с большей емкостью круговорота биогенных элементов обеспеченность ими растений будет более полной, причем процессы высвобождения минеральных соединений и усвоение их растениями будут теснее синхронизированы с характером складывающихся гидротермических условий.

Любые изменения в структуре севооборотов, системах обработки почвы, удобрения приводят к его количественным и качественным изменениям [Новоселов, 2020]. Разработка и совершенствование методов контроля и прогнозирования содержания гумуса в почвах сельскохозяйственного назначения является важной научной и практической задачей. Расчет баланса гумуса дает возможность оценить характер изменений его содержания в почве при сложившейся системе земледелия.

Знание баланса гумуса в севообороте необходимо для определения потребности в органических удобрениях. Удобрения, повышая

продуктивность культур, увеличивают и количество их корневых и пожнивных остатков, а следовательно, возврат органического вещества пожнивными остатками и с органическими удобрениями. Органические удобрения, непосредственно пополняя запасы органического вещества, способны при определенных дозах на разных почвах поддерживать бездефицитный баланс гумуса.

Содержание задания

1. Для разработанных полевых и почвозащитных севооборотов рассчитайте баланс гумуса и потребность в органических удобрениях.

2. Методика расчета баланса гумуса приводится на основе методических рекомендаций, подготовленных И.Я. Кильби, Н.Е. Лосюковым и В.В. Чупровой (1986). Баланс гумуса можно рассчитать на основе баланса азота. Принимается (с некоторым допущением), что снижение содержания азота в почве примерно равно потреблению его растениями. Считается, что в гумусе соотношение $C:N = 20$, т.е. гумуса расходуется (минерализуется) в 20 раз больше, чем потребляется азота [Рудой, 2010].

Математическое выражение баланса гумуса в почве имеет следующий вид:

$$B_{\Gamma} = ПК \cdot K_{\Gamma} - (N_{\Gamma}/5) \cdot K_{M} \cdot K_{K},$$

где B_{Γ} – баланс гумуса в почве, ц/га;

$ПК$ – количество поживно-корневых остатков, ц/га;

K_{Γ} – коэффициент гумификации поживно-корневых остатков:

- для многолетних трав и люпина – 0,18;
- зерновые, зернобобовые, лен, однолетние травы (сено) – 0,15;
- силосные и однолетние травы на зеленую массу – 0,1;
- овощи, картофель – 0,05;

N_{Γ} – количество азота, потребляемого за счет гумуса, кг/га (0,5 от общего потребления азота из почвы, так как многолетние бобовые травы из воздуха фиксируют 70 % азота, а из почвы – 30 %, то для них N_{Γ} составляет $30/2 = 15$ %, для зернобобовых – 20 %);

K_{M} – коэффициент на гранулометрический состав почвы:

- для песчаных почв – 1,8;

- супесчаных почв – 1,4;
- легкосуглинистых почв – 1,2;
- среднесуглинистых почв – 1,0;
- тяжелосуглинистых почв – 0,8;

K_K – коэффициент на группу культур:

- для многолетних трав – 1,0;
- культур сплошного сева – 1,2;
- пропашных культур – 1,6;
- чистых паров – 2,0.

Последовательность расчета баланса гумуса представлена в таблице 21. Рассмотрим баланс гумуса на примере поля озимой ржи.

Плановая величина урожая озимой ржи – 20,0 ц/га. Для формирования 1,0 ц требуется 2,9 кг азота (табл. П.9), на весь урожай: $20,0 \text{ ц/га} \cdot 2,9 \text{ кг} = 58 \text{ кг}$.

Скорость минерализации гумуса зависит от *гранулометрического состава почвы*, и поэтому на исчисленное количество N почвы, которое израсходовано на формирование урожая и на основании которого устанавливается масса минерализации гумуса, вводится поправка.

В нашем примере гранулометрический состав почвы на поле озимой ржи тяжелосуглинистый. Для этого гранулометрического состава используем поправочный коэффициент 0,8. Отсюда, $58,0 \cdot 0,8 = 46,4$.

Скорость минерализации между культурами различна, и поэтому вводим соответствующий поправочный коэффициент (для культур сплошного посева) – 1,2, следовательно, $46,4 \cdot 1,2 = 55,7$. Такое количество азота израсходовано для формирования урожая 20 ц/га.

После каждой культуры на поле остаются пожнивно-корневые остатки, которые подвергаются минерализации и одновременно гумификации. Накопление пожнивно-корневых остатков определяется видом возделываемой культуры и ее урожайностью (см. табл. 22).

Для всех зерновых при урожайности 16-20 ц/га используется коэффициент накопления пожнивно-корневых остатков, равный 1,2. Урожайность озимой ржи 20 ц/га умножаем на коэффициент 1,2, получаем 24,0 ц/га.

Таблица 21 – Расчет баланса гумуса в севообороте

Культура севооборота	Планный урожай, ц/га	Вынос N почвы, кг/га	Расход N почвы с учетом поправок			Минерализация гумуса, ц/га	Масса пожнивно-корневых остатков, ц/га	Образование гумуса из остатков, ц/га	Баланс гумуса, ц/га	Требуется навоза для покрытия дефицита гумуса, т/га
			на гранулометрический состав	на группу культур	всего					
Пар*	-	-	-	-	-	25,0	-	-	-25,0	28,0
Озимая рожь	20,0	58,0	46,4	55,7	55,7	11,1	24,0	3,6	-7,5	8,3
Горох	16,0	83,2	66,6	79,9	79,9	16,0	19,2	2,9	-13,1	14,4
Подсолнечник, з.м.	180,0	72,0	57,6	92,2	92,2	18,4	21,6	2,2	-16,2	17,8
Гречиха	15,0	48,0	38,4	46,1	46,1	9,2	33,0	4,5	-4,7	5,8
Ячмень	22,0	63,8	51,0	61,2	61,2	12,2	24,2	3,6	-8,6	9,5
Требуется навоза на весь севооборот										83,8
Требуется навоза на 1 га севооборота										14,0

*минерализация в паровом поле составляет 25 ц/га.

Интенсивность гумификации культур различная (табл. 23). Из таблицы 23 следует, что коэффициент гумификации зерновых культур равен 0,15. Следовательно, 24 ц пожнивно-корневых остатков озимой ржи образовали 3,6 ц гумуса. Таким образом, на формирование урожая озимой ржи в 20 ц/га израсходовано в результате минерализации 11,1 ц/га гумуса. А из оставшихся пожнивно-корневых остатков образовалось 3,6 ц/га гумуса. Следовательно, баланс гумуса составляет: $3,6 - 11,1 = -7,5$ ц/га. Характер баланса отрицательный. Для покрытия расхода гумуса (оптимизация баланса) необходимо внести органические удобрения.

Установлено, что при содержании в навозе 25 % сухого вещества и влажности 75 % коэффициент гумификации равен 0,20. Из одной тонны такого навоза в почве образуется 0,5 ц гумуса, т.е. для образования 1 ц гумуса требуется 1 т навоза. Если навоз перепревший, то для образования 1 ц гумуса достаточно 1,1 т навоза. Поэтому дефицит гумуса в 7,5 ц на поле озимой ржи покрывается внесением 8,3 т перепревшего навоза (табл. 22).

Таблица 22 – Зависимость накопления пожнивно-корневых остатков от урожайности культуры (ВНИПТИОУ)

Зерновые и зернобобовые		Многолетние травы (сено)		Однолетние травы (зеленая масса)		Кукуруза на силос		Картофель, корнеплоды, овощи	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
11-15	1,3	11-20	1,9	51-100	0,28	101-150	0,12	101-150	0,13
16-20	1,2	21-30	1,6	101-150	0,25	151-200	0,12	151-200	0,12
21-25	1,1	31-40	1,4	151-200	0,20	201-250	0,11	201-250	0,12
26-30	1,0	41-50	1,3	201-250	0,15	251-300	0,11	251-300	0,12
>30	0,9	51-60	1,2	251-300	0,13	>300	0,10	>300	0,11

*Примечание: графа 1 – урожай основной продукции, ц/га; графа 2 – норматив накопления сухого вещества пожнивно-корневых остатков на 1 ц основной продукции.

Таблица 23 – Интенсивность гумификации пожнивно-корневых остатков культур

Пожнивно-корневые остатки с.-х. культур в почве	Коэффициент гумификации
Многолетние травы	0,18
Зерновые и зернобобовые	0,15
Картофель, корнеплоды, овощи	0,08
Силосные	0,10

3. Проведите анализ полученных данных. Сравните балансовые значения для разработанных севооборотов, находящихся в разных почвенно-климатических условиях. При обосновании обратите внимание на выявление причин, приведших к изменению содержания гумуса в почве севооборота. Предложите мероприятия по регулированию почвенного плодородия.

Лабораторная работа 4. Накопление, использование органических удобрений и технология их внесения

Основные теоретические положения

В сохранении почвенного плодородия и повышении урожайности сельскохозяйственных культур органическим удобрениям принадлежит особая роль. Прежде всего, они являются богатейшим источником всех основных элементов питания растений – азота, фосфора, калия, кальция, магния, серы, способствуют повышению содержания гумуса в пахотном и подпахотном слое. Гумус оказывает не только непосредственное и положительное влияние на урожай полевых культур, но и определяет все основные свойства почвы. Вместе с органическими удобрениями в почву вносится огромное количество микроорганизмов и энергетического материала, что резко активизирует биологическую деятельность почвы. Кроме того, в результате микробиологических процессов, протекающих в удобрениях во время приготовления и хранения, в них образуется много физиологически активных веществ – витаминов, антибиотиков, ферментов. Эти вещества, попадая в почву, также оказывают стимулирующее воздействие на деятельность почвенной микрофлоры.

Внесение органических удобрений повышает концентрацию углекислого газа в припочвенном и почвенном воздухе и тем самым улучшает условия питания растений углекислотой через листья и корни. Под его влиянием повышается подвижность почвенных фосфатов, карбонатно-кальциевое равновесие смещается в сторону образования гидрокарбоната кальция, что увеличивает коагуляцию почвенных коллоидов и улучшает структуру почвы.

При систематическом внесении органических удобрений повышается емкость поглощения почв, возрастает их буферность, снижается кислотность. Таким образом, использование органических удобрений создает условия для применения повышенных доз минеральных удобрений, которые гораздо легче переносятся окультурен-

ными почвами с высокой буферностью. Академик Д.Н. Прянишников большую роль отводил рациональному использованию всех местных источников элементов питания, в первую очередь местным органическим удобрениям. Минеральные удобрения, как источник дополнительного количества питательных веществ, должны дополнить их недостаток.

Основным органическим удобрением в земледелии края является подстилочный навоз. Рентабельность этого удобрения высокая в хозяйствах, где его применяют на полях и участках, расположенных вблизи животноводческих ферм. Наиболее высокая эффективность навоза в региональных условиях отмечается при его внесении под овощные, кормовые культуры и картофель. Положительное действие навоза на урожайность культур отмечается в подтаежной, лесостепной и степной зонах края. По данным Е.И. Волошина (2016), каждая тонна подстилочного навоза с учетом действия и двух лет последствия обеспечивает получение дополнительно 0,4-0,5 ц зерновых единиц.

Применение зеленого удобрения является экономически выгодным приемом поддержания плодородия почв. Зеленые удобрения являются средством экологизации в земледелии, способствуют обогащению почв биологическим азотом. Опубликованные данные исследований В.В. Чупровой (1997) свидетельствуют, что процессы разложения люцерновых остатков, навоза, ржаного и донникового сидератов в паровых полях протекают в различном ритме и с неодинаковой интенсивностью и удельной скоростью. Период полного разложения навоза короче периода минерализации обоих сидератов и остатков люцерны. Запашка ржаного сидерата приводит к стабилизации, а донникового и люцерновых остатков – к накоплению запасов растительного вещества в почве соответствующих севооборотных звеньев.

Существенное значение имеет глубина заделки сидерата. Более эффективна мелкая заделка – на 14-16 см. Она обеспечивает более высокий прирост урожайности яровой пшеницы, чем заделка на глубину 25-27 см. Выгоднее проводить запашку сидерата не ранее конца августа. Внесение донниковой массы увеличивает в почве в 1,1-1,2 раза лабильного гумуса и в 1,5-5,4 ц/га нитратного азота [Шпедт, 2013]. В первую очередь зеленые удобрения необходимо использовать на почвах с низким уровнем плодородия, на полях, удаленных от населенных пунктов и животноводческих ферм. Сидераты по своему

влиянию на урожайность культур не уступают подстилочному навозу, а затраты на их производство и применение в 3-4 раза ниже.

Количество навоза, которое может накапливаться в хозяйствах региона, по ориентировочным оценкам, может покрыть дефицит баланса гумуса в земледелии региона не более чем на 25-30 % [Рудой, 2010]. Существенное значение этой связи приобретают меры целенаправленного увеличения объемов органических удобрений. Из них важнейшая роль принадлежит приготовлению компостов с использованием торфа и других органических материалов. Применение торфа и компостов на его основе включает в круговорот веществ в земледелии огромные природные запасы питательных веществ. Однако необходимо помнить, что виды и типы торфов многообразны и неравноценны по качественным показателям. Поэтому способы использования его в качестве удобрения разнообразны.

Возможность применения таких компостов ограничена экономической ситуацией – большими затратами на доставку из-за пределов землепользования хозяйств. В границах земледельческой зоны региона месторождения торфа, пригодного для приготовления компостов, имеют ограниченное распространение.

Обширный и практически не используемый в регионе резерв органических удобрений представляют древесные отходы: кора, опилки, древесная зелень. Установлено, что даже при оптимальных условиях заготовки и переработки древесины потери биомассы дерева составляют выше 30 % [Ершов, 2004]. Удобрительная ценность их обусловлена прежде всего высоким содержанием углерода. В них содержатся азот и зольные элементы питания растений, доля которых незначительна. Это затрудняет их микробиологическое разложение в почве и исключает возможность непосредственного применения в качестве удобрения. Высокий удобрительный эффект достигается в результате компостирования отходов. Наиболее предпочтительны коровые отходы. Исследованиями О.А.Ульяновой (2014) раскрыты особенности и закономерности трансформации удобрительных композиций на основе коры разных видов деревьев, а также механизмы их влияния на свойства почв и продуктивность полевых культур. Установлено, что удобрительные композиции с осиновой корой разлагаются быстрее, чем на основе хвойных пород.

Солома является важнейшим источником и средством оптимизации баланса органического вещества в почве. Исключение из технологических операций сжигания стерни с соломой является важным

природоохранном мероприятием, улучшающим экологическую и противопожарную ситуацию в регионе. Несмотря на большую роль соломы в сохранении и повышении плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур, она еще недостаточно используется в земледелии Красноярского края в качестве биологического источника минерального питания растений.

Расчет баланса соломы зерновых культур показывает, что примерно 2,4 млн т можно использовать в качестве органических удобрений. Запахивание в почву такого количества соломы равноценно внесению в нее 4,8 млн т подстилочного навоза. В среднем в земледелии Красноярского края можно 1,9 т/га соломы вносить в почву после уборки урожая колосовых культур. В районах и хозяйствах, где отсутствует животноводство, целесообразно все ресурсы соломы использовать на удобрение. По данным Красноярского научно-исследовательского института сельского хозяйства, внесение соломы в почву с азотными удобрениями в краткосрочных и многолетнем опытах на 3,0-12,2 ц/га повышало в севооборотах урожайность зерна яровой пшеницы, ячменя и овса [Едигеичев, Шпагин, 2014]. Внесение измельченной соломы при уборке зерновых культур имеет организационную, экономическую и экологическую обоснованность, она должна применяться в хозяйствах в больших объемах. В полевых севооборотах, удаленных от животноводческих ферм, солома и сидераты являются единственным источником пополнения почвы органическим веществом. Внесение соломы в почву с компенсирующими дозами азотных удобрений экономически выгодно и не нарушает технологию возделывания сельскохозяйственных культур. Применение соломы на удобрение дешевле, чем приготовление навоза, и устраняет затраты на ее вывоз и хранение.

Технологические схемы применения органических удобрений

В зависимости от места хранения навоза, удаленности полей, на которых будут разбрасываться удобрения, а также технических данных машин для погрузки, транспортировки и разбрасывания удобрений и обеспеченности хозяйств этими машинами при внесении твердых органических удобрений применяют две технологические схемы: *прямочная* (ферма – навозоразбрасыватель – поле) и *перевалочная* (ферма – транспортное средство – место складирования у поля – навозоразбрасыватель – поле).

По *прямоточной технологической схеме* из прифермского хранилища навоз грузят в навозоразбрасыватели, которые вывозят его в поле и распределяют по поверхности почвы. Этот способ считается рациональным для внесения органических удобрений в прифермских севооборотах на расстоянии до 4 км.

По *перевалочной технологической схеме* навоз вывозят на расстояние более 4 км в поля в течение всего года, укладывают в бурты и хранят в штабелях, в последующем распределяют по полю. В этом случае навозоразбрасыватели используют только для внесения удобрений, поэтому их сменная производительность значительно повышается.

Для погрузки твердых органических удобрений в транспортные средства и укладки в бурты применяют грейферные, фронтально-перекидные погрузчики и др. Вывозят органические удобрения автомобилями-самосвалами и тракторными прицепами-самосвалами.

Для внесения твердых органических удобрений применяют машины: ПРТ-16, РОУ-5, РОУ-6, 1-ПТУ-4, ПТУ-7000, RAUCH-7000, Торнадо (JOSKIN), JOHNDEERE, Flex III 20 «Samson Agro A/S» (Дания).

В современных условиях значительно возросли требования к качеству внесения органических удобрений и охране окружающей среды. Особое внимание уделяется оптимизации норм расхода удобрений, повышению равномерности их распределения. В значительной степени решению этих задач способствует оснащение современных машин для внесения органических удобрений бортовыми компьютерами, позволяющими автоматически регулировать технологические параметры работы.

Жидкие органические удобрения вносят с помощью МЖУ-16, МЖУ-20, Greenstar-10,2; Zunhammer; TerraGator; PITON-100, PITON-200. Преимущественное распространение среди машин получили прицепы-цистерны. Это обусловлено тем, что их применение обеспечивает низкие годовые расходы, отсутствие простоев, высокую технологическую гибкость, а также возможность использования на отдельных участках хозяйства. Внесение жидких органических удобрений осуществляется по следующим технологическим схемам [Васильев, Филиппова, 1988]:

- А – прифермское навозохранилище – цистерна – полевое навозохранилище – цистерна-разбрасыватель – поле;

- Б – прифермское навозохранилище – трубопровод – полевое навозохранилище (гидрант) – цистерна-разбрасыватель – поле;

- В – навозохранилище – трубопроводная сеть – дождевальная установка – цистерна-разбрасыватель – поле.

Схему А применяют при отсутствии трубопровода при перекачивании навоза из прифермского хранилища в полевое.

Схема Б при отсутствии трубопроводной сети и дождевальных установок намного эффективнее первой. Транспортировка жидкого навоза из прифермского хранилища в полевое навозохранилище по трубам с последующим внесением его цистернами-разбрасывателями позволяет намного снизить транспортные расходы и значительно повысить производительность труда. При удобрении полей по схемам А и Б навоз не разбавляют водой.

Схему В применяют при наличии трубопроводной сети и установки для дождевания. При этом используемый навоз разбавляют водой в соотношении 1:5-7.

Содержание задания

1. Используя справочные материалы таблиц П.10, П.11, рассчитайте дозу, определите место и периодичность внесения органических удобрений в севооборотах.

Накопление подстилочного навоза, которое можно получить от всего поголовья скота в хозяйстве, подсчитывают, пользуясь средними данными по выходу навоза на 1 голову в зависимости от продолжительности стойлового периода (табл. П.10), поголовья скота, а также птичьего помета (табл. П.11). Данные по производству и накоплению органических удобрений следует систематизировать в таблицу 24.

2. В связи с тем, что наиболее эффективным является применение полуперепревшего навоза, следует от полученного количества навоза вычесть 25 %, которые теряются при его разложении.

Далее полученное количество органических удобрений следует пересчитать на 1 га пашни – насыщенность севооборота органическими удобрениями (для этого полученное количество органических удобрений нужно разделить на площадь севооборота). Затем найти величину дозы органических удобрений, умножив их количество, приходящееся на 1 га пашни, на число полей в севообороте.

3. Рассчитанную дозу органических удобрений нужно рационально распределить по объектам. Установите, в какое поле севооборота и в какой норме планируется внесение органических удобрений. Опишите применяемую технологию внесения и заделки органических удобрений в почву, указав сельскохозяйственные агрегаты и машины.

Таблица 24 – Накопление навоза (птичьего помета) на отделении при продолжительности стойлового периода ... дней

Вид скота, имеющийся в хозяйстве	Количество голов	Выход навоза за 1 год, т		Выход навозной жижи в год, т
		от 1 головы	всего	
КРС				
Молодняк КРС				
Лошади				
Свиньи				
Овцы				
Птица				

4. Определите степень использования органических удобрений культурами севооборота (табл. 25). Исходя из химического состава навоза, взятого из таблицы П.12, рассчитайте содержание питательных веществ в той дозе навоза, которая запланирована для внесения в конкретное поле севооборота.

Таблица 25 – Использование питательных веществ культурами из навоза

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Химический состав навоза, %			
Содержание питательных веществ в ___ т навоза, кг			
<i>Использование первой культурой</i>			
Коэффициент использования питательных веществ из навоза, %			
Будет усвоено, кг			
<i>Использование второй культурой</i>			
Коэффициент использования питательных веществ из навоза, %			
Будет усвоено, кг			
<i>Использование третьей культурой</i>			
Коэффициент использования питательных веществ из навоза, %			
Будет усвоено, кг			
Усвоено всего культурами, кг			

Примечание: показатель «Усвоено всего культурами, кг» рассчитывается как сумма усвоенных элементов первой, второй и третьей культурами. Коэффициенты использования питательных веществ из навоза приведены в таблице П.11.

С учетом коэффициента использования (табл. П.13) растениями питательных веществ из навоза определяется количество доступных элементов питания, получаемое растениями из навоза.

Семинар 1. Особенности применения органических удобрений

1. Понятие о качестве органических удобрений. Экологическое значение органических удобрений и подходы к нормированию их внесения (ПДК по дозе азота, вносимой с органическими удобрениями на богарных и орошаемых землях).

2. Подходы к оценке органических удобрений по способности к гумусообразованию.

3. Характеристика почв земледельческой территории Красноярского края по содержанию гумуса, внесению органических удобрений и продуктивности пашни.

4. Роль сидератов в технологиях возделывания культурных растений, основанных на ресурсосбережении.

5. Сидеральные культуры, рекомендуемые для земледелия в условиях Сибири. Охарактеризуйте их биологические особенности и принципы выбора.

6. Вермикомпостирование: значение в биологическом земледелии, технологические особенности процесса, качество продукта, дозы внесения.

7. Технологии внесения органических удобрений: сроки, способы, приемы, дозы, глубина заделки удобрений в почву. Склады для хранения удобрений. Вопросы качества внесения органических удобрений.

МОДУЛЬ 2. ПОТРЕБНОСТЬ В ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВАХ И ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КУЛЬТУРНЫМИ РАСТЕНИЯМИ ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЙ

Современные агротехнологии интенсивного и высокого земледелия требуют радикального уровня применения удобрений, который предполагает не только возмещение элементов питания, отчужденных с урожаем сельскохозяйственных культур, но и расширенное воспроизводство почвенного плодородия пахотных земель и лугопастбищных угодий. Дозы применения удобрений должны быть увеличены до 100-120 кг д.в./га и более.

Химический состав растений интегрирует «треугольник Прянишникова», отражая взаимодействие почвы, удобрений и растения. На показателях концентрации в растениях элементов питания базируются диагностические потребности и определение доз удобрений.

Лабораторная работа 5. Определение баланса элементов питания в севообороте и уровня возмещения выноса из почвы удобрениями

Основные теоретические положения

Изучение баланса и круговорота элементов питания растения в земледелии – одна из главных задач агрохимии. Его цель – осуществление систематического контроля, на этой основе целенаправленное регулирование агрохимических свойств почв при применении соответствующих видов, форм и норм удобрений. Баланс питательных веществ в земледелии определяется составлением их *прихода* за счет различных источников поступления в почву и *расхода*.

В приходной части баланса поступление питательных веществ обеспечивают следующие источники: 1) минеральные и органические удобрения; 2) растительные остатки; 3) посевной материал; 4) биологическая фиксация азота клубеньковыми и свободноживущими микроорганизмами; 5) поступление с осадками.

В расходной части учитывают: 1) вынос с урожаем основной и побочной продукции; 2) вынос с растительными остатками; 3) вымы-

вание в грунтовые воды и смыв с поверхности; 4) потери в результате эрозионных процессов; 5) газообразные потери и т.д. [Минеев, 1990].

Баланс элементов питания в земледелии в зависимости от решаемых задач подразделяют на три вида: внешнехозяйственный, хозяйственный и биологический.

Внехозяйственный баланс – отчуждение элементов питания с продукцией растениеводства и животноводства и поступлением их с удобрениями. Рассчитывают его для почвенно-климатических зон или для страны в целом. Используют для круговорота веществ с учетом специализации хозяйства.

Хозяйственный баланс основывается на учете выноса элементов питания со всем урожаем основной и побочной продукции растений, а также газообразных потерь, потерь от вымывания и закрепления почвой. Сопоставляют вынос с возмещением за счет вносимых минеральных и органических удобрений, семян и поступлением с осадками.

Хозяйственный баланс может быть валовым и эффективным. *Валовый* включает поступление элементов питания в почву без учета коэффициента их усвоения растениями, а *эффективный* – с учетом коэффициента усвоения.

Биологический баланс – учет выноса элементов питания не только основной и побочной продукцией, но также пожнивными и корневыми остатками, потери в результате микробиологических процессов и вымывания.

Баланс элементов питания – математическое выражение их круговорота в земледелии и биосфере.

Интенсивность баланса – это то, какая часть выноса элементов питания урожаем пополняется за их счет с удобрениями.

Емкость баланса – сумма выноса и поступления элементов питания в почву, независимо от того, включаются они в круговорот или используются повторно. Это показатель, характеризующий мощность круговорота питательных веществ в земледелии.

Определение баланса питательных элементов имеет наибольшее значение для каждого конкретного поля севооборота. Качественные показатели баланса элементов питания в севообороте и в хозяйстве в целом дают надежное обоснование необходимого уровня применения удобрений.

Содержание задания

Для оценки действия принятой системы удобрения в севообороте на почвенное плодородие необходимо определить соотношение выноса элементов питания урожаями с величиной возмещения выноса внесением элементов питания с удобрениями.

1. Используя данные справочной таблицы П.9, рассчитайте *вынос элементов питания планируемым урожаем культур* севооборота. Расчет выноса элементов питания урожаями культур в севообороте определяется величиной их урожая (см. табл. 20) и их химическим составом (табл. П.9). Показатели занесите в таблицу 26.

Таблица 26 – Определение выноса элементов питания урожаями в севообороте

Культура	Плановый урожай, ц/га	Вынос плановым урожаем, кг/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пар	-	-	-	-
Озимая рожь	20,0	58,0	и так далее	
Горох	16,0	83,2		
Подсолнечник, з.м.	180,0	72,0		
Гречиха	15,0	48,0		
Ячмень	22,0	63,8		

Важнейшим показателем для определения потребности в элементах питания является интенсивность баланса питательных веществ, т.е. соотношение их прихода к расходу.

2. Интенсивность баланса определяется в соответствии с данными, приведенными в таблице П. 14. По данным выноса питательных веществ планируемым урожаем и интенсивности баланса рассчитайте общую потребность культур севооборота в элементах питания (см. табл. 27). Затем определите общую потребность севооборота в минеральных удобрениях (табл. 28), учитывая внесенные органические удобрения (см. табл. 25) и вклад биологического азота в земледелии (табл. П.16). Данные первого пункта таблицы 28 переносим из таблицы 27.

Таблица 27– Общая потребность сельскохозяйственных культур в элементах питания по севообороту

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вынос питательных веществ планируемым урожаем всех культур севооборота, кг/га			
Интенсивность баланса, %			
Общая потребность сельскохозяйственных культур севооборота, кг/га			

Таблица 28 – Общая потребность культур севооборота в минеральных удобрениях, кг д.в./га

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Общая потребность сельскохозяйственных культур севооборота, кг/га			
Поступление питательных веществ с ... т органических удобрений; биологическим азотом			
Общая потребность в элементах питания, компенсируемая внесением минеральных удобрений			

3. Основываясь на величинах возврата макроэлементов, сделайте вывод о воспроизводстве почвенного плодородия и возможности систематического повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Лабораторная работа 6. Прогнозирование потребности культур севооборота в минеральных удобрениях

Основные теоретические положения

Одной из самых сложных проблем, не получивших окончательного научного разрешения, является проблема определения рациональных доз удобрений. Почвенно-климатические ресурсы, экономические условия и парадигма расширенного воспроизводства почвенного плодородия обуславливают необходимость применения удобрений в широком диапазоне. Минимальной нормой применения

удобрений является стартовая доза азотных и фосфорных удобрений. Максимальная норма обусловлена выносом культурой элементов питания. Вынос фосфора компенсируется на 100-110 %, азота и калия – 75-80 %. Химические анализы почвы следует увязывать с установленными лимитами питательных веществ и их оптимальными соотношениями в почве для данной фазы развития растений.

Эмпирическая основа расчета доз предполагает использование исходной информации, присущей конкретной земельной площади – поля севооборота, массива. Ими объединяются элементарные почвенные структуры, почвенные комбинации, которые агроэкологически неоднородны. Крупномасштабные картографические материалы почвенного покрова, которыми оснащены в настоящее время земледельцы, не полностью отражают агроэкологические особенности почвенных компонентов [Рудой, 2010].

По мнению Д.Н.Прянишникова, «...для каждой почвенной зоны требуется свой выбор и своя «пришлифовка» метода к местным особенностям на основании сопоставления с данными полевых опытов». Определение оптимальных доз удобрений под сельскохозяйственные культуры является очень сложным вопросом современной агрономической науки и практики. Поэтому не случайно для решения этой проблемы в настоящее время существуют разные методы определения доз минеральных удобрений. Их можно объединить в две большие группы: полевые методы по непосредственным результатам опытов и балансовые расчетные методы.

Методы определения доз удобрений на основе результатов полевых опытов

Эти методы служат основой для определения доз удобрений. Обобщая результаты полевых опытов, научно-исследовательские учреждения разрабатывают рекомендации по применению удобрений под сельскохозяйственные культуры на основных типах и разновидностях почв при средних агротехнических фонах для всех почвенно-климатических зон и районов страны. В конкретных случаях эти дозы надо корректировать применительно к агрохимическим свойствам почвы, гранулометрическому составу, характеру увлажнения, реакции почв.

В Красноярском крае возделываются самые различные сельскохозяйственные культуры со своими биологическими особенностями, с разной потребностью к элементам питания. С одной стороны, удобрения являются наиболее действенным фактором роста урожайности,

а с другой, составляют существенную часть затрат на производство продукции, что диктует максимальную отдачу от туков только при оптимальном питании растений [Рекомендации по определению ..., 1987].

Коэффициенты корректировки для фосфора вводят для всех культур, по калию – для культур-кальциефобов, а также бобовых трав, отличающихся высоким потреблением калия в условиях нейтральных и слабокислых почв. Если почвы легкие (песчаные и супесчаные), то средний показатель содержания фосфора по группам увеличивают на 20-25 %, на тяжелых по гранулометрическому составу, наоборот, снижают.

В разных почвенно-климатических зонах дозы удобрений корректируют на почвах с различным содержанием питательных веществ. Расчет доз удобрений на основе полевых опытов можно проводить на планируемую прибавку урожая.

Расчетные методы определения доз удобрений

Расчет доз балансовыми методами основан на определении трех основных показателей: вынос питательных веществ на единицу продукции, коэффициент использования питательных веществ из почвы и из удобрений. Все многообразие балансовых расчетных методов определения доз удобрений объединено в три большие группы.

✓ Определение доз удобрений по выносу питательных веществ планируемым урожаем или прибавкой продукции с применением коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений, а также коэффициентов возврата питательных веществ в зависимости от обеспеченности ими почвы.

✓ Определение доз удобрений с учетом планируемой урожайности культур, нормативов затрат удобрений на единицу продукции и применением поправочных коэффициентов на обеспеченность почвы питательными элементами для разных уровней урожайности.

✓ Определение доз удобрений по возмещению удобрениями выноса урожаем питательных веществ в зависимости от уровня содержания и запасов их в почве, а также внесенных органических удобрений.

Расчет доз удобрений *на планируемую урожай с учетом выноса питательных веществ* и с поправкой на обеспеченность питательными веществами проводится по формуле

$$Д = У_{п} \cdot В \cdot К_1 \cdot К_2,$$

где D – доза удобрения на планируемый урожай, кг/га действующего вещества;

U_n – планируемый урожай, ц/га;

B – вынос питательных веществ на единицу продукции данной культуры, кг/га;

K_1 – поправочный коэффициент на содержание питательного вещества в почве;

K_2 – поправочный коэффициент на влагообеспеченность почвы.

ЦИНАО и ВИУА рекомендуют *нормативный* метод расчета доз удобрений по формуле

$$D = U_n \cdot N_1 \cdot K_1 \cdot K_2,$$

где D – искомая доза удобрения, кг/га действующего вещества;

U_n – планируемый урожай, ц/га;

N – норматив затрат удобрений на единицу продукции данной культуры, кг;

K_1 – поправочный коэффициент на содержание питательного вещества в почве в зависимости от уровня планируемой урожайности культур;

K_2 – поправка на влагообеспеченность почвы.

Для условий Красноярского края на основе опытов разработаны градации обеспеченности растений фосфором и калием, по которым определяют класс почвы по содержанию питательных элементов [Рабочая инструкция для зональных..., 1967]. Нормативы показывают, сколько необходимо питательных веществ удобрений на один центнер основной продукции сельскохозяйственной культуры. Учитывая близость нормативов для лесостепной и степной зон по большинству культур, они приняты за единые для края в целом, за исключением яровой пшеницы. По мере увеличения содержания элемента питания в почве пропорционально уменьшаются и коэффициенты. Для зерновых, пропашных культур и трав приняты единые коэффициенты, а для овощей и корнеплодов они изменены только для первого и второго классов, увеличены в 1,4 и 1,2 раза соответственно. В практической деятельности агрономам приходится иметь дело с почвами, в которых содержится самое различное количество нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия. Разнообразие почв по содержанию фосфора и калия отображено в агрохимических картограммах, составленных агрохимической службой края. Нитратный азот необходимо определять ежегодно.

Балансовый метод учитывает вынос с планируемой урожайностью полевых культур, запасы элементов питания в почве и содержание доступных питательных веществ в органических удобрениях

$$D = Y_{\text{п}} \cdot B - П \cdot K + O_y \cdot K_{\text{оу}},$$

где D – доза удобрения на планируемый урожай, кг/га действующего вещества;

$Y_{\text{п}}$ – планируемый урожай, ц/га;

B – вынос элементов питания продукцией культуры, кг/га;

$П$ – запас питательных веществ в почве, кг;

K – коэффициент усвоения питательных веществ из почвы;

O_y – содержание питательных веществ в органических удобрениях, внесенных под культуру, кг;

$K_{\text{оу}}$ – коэффициент использования питательных веществ из органических удобрений.

Чтобы влиять на процесс питания растений, плодородие почвы, необходимо знать, какое количество питательных веществ следует вносить в почву с удобрениями, не допуская разрыва между потребностью растений и наличием доступных элементов в почве. Данные активного баланса позволяют наиболее точно рассчитать дозу внесения минеральных удобрений в зависимости от конкретных условий и поставленной цели. Дозы удобрения, рассчитанные на получение запланированного урожая, с учетом повышения плодородия почвы определяют по формуле

$$D = B / K_1 + (C_3 - C_{\text{ф}}) \cdot K_2 / K_3 \cdot t,$$

где B – вынос элемента минерального питания запланированным урожаем, кг/га;

K_1 – коэффициент использования питательного вещества с учетом последствия;

C_3 – заданное содержание питательного вещества в почве, мг/100 г;

$C_{\text{ф}}$ – фактическое содержание питательного вещества в почве, мг/100 г;

K_2 – коэффициент пересчета, мг/100 г;

K_3 – коэффициент влияния удобрений на изменение содержания питательного вещества в почве;

t – время, за которое намечено получить заданное содержание питательного вещества в почве, лет.

В зависимости от агротехнических приемов возделывания сельскохозяйственных культур, места их размещения, условий уборки, используемых сортов, метеорологических условий года меняются технологические свойства продукции и ее качество. Качество зерна – сложный наследственный признак, включающий мукомольные, хлебопекарные, макаронные, крупяные, биохимические и физические свойства, присущие определенным сортам. Технологические особенности пшениц зависят в основном от белкового комплекса их зерна, в первую очередь от клейковины. Для прогнозирования величины урожая и белковости зерна используют расчет доз на повышение качества планируемого урожая

$$D = D_p \cdot C_{\text{opt}} / C_{\text{факт}},$$

где D_p – рекомендуемая доза удобрений, кг/га;

C_{opt} – оптимальное содержание элемента питания в растении, мг/100 г;

$C_{\text{факт}}$ – фактическое содержание элемента питания по результатам тканевой диагностики, мг/100 г.

Содержание задания

1. Изучите теоретический материал по предложенной теме.

2. Согласно индивидуальным заданиям проведите расчет доз минеральных удобрений для каждой культуры севооборотов по методу, основанному на возврате питательных веществ от их выноса с урожаем в зависимости от обеспеченности почвы элементами питания.

Математическое выражение данного метода имеет следующий вид:

$$D = U_p \cdot B \cdot K_1 \cdot K_2,$$

где D – доза удобрения, кг д.в. на 1 га;

U_p – величина планируемого урожая, ц с 1 га;

B – вынос элементов питания (N, P₂O₅, K₂O) с единицей урожая, кг (табл. П. 9);

K_1 – поправочный коэффициент в зависимости от обеспеченности почв элементами питания, или коэффициент возврата (табл. 29, 31, 33);

K_2 – поправочный коэффициент на содержание доступной влаги в метровом слое почвы перед посевом культур (табл. П.17).

Расчет потребности севооборота в азоте

Для получения высоких урожаев азот должен возвращаться в виде удобрений в овощных севооборотах на 100-110 %, а в полевых – в количестве 50-80 % от выноса с планируемыми урожаем.

Коэффициенты возврата азота от его выноса с урожаем, в зависимости от обеспеченности этим элементом питания, приведены в таблице 29. Данная таблица имеет справочный характер для полевых севооборотов.

Таблица 29 – Возврат азота с удобрениями в зависимости от обеспеченности им почв для полевых севооборотов

Обеспеченность почв азотом	Возврат азота, % от его выноса с урожаями	Коэффициент возврата K_1
Очень низкая	80	0,8
Низкая	70	0,7
Средняя	50	0,5
Повышенная	20	0,2
Высокая	Не применяется	–
Очень высокая	Не применяется	–

Рассчитывается вынос азота с планируемыми урожаем культур, а также потребность севооборота в азотных удобрениях в зависимости от обеспеченности растений азотом по предшественникам. Результаты расчетов оформляются в виде таблицы 30.

Азотные удобрения в севообороте действуют один год и не обнаруживают последствий. Это положение необходимо учитывать при дальнейшем распределении удобрений в севообороте.

Таблица 30 – Расчет доз азота в севообороте

Севооборот	Планируемый урожай Уп, ц с 1 га	Вынос азота В с 1 ц, кг	Вынос азота планируемым урожаем, кг/га	Обеспеченность культур азотом по предшественникам	Коэффициент возврата азота K_1	Расчетная доза азота Д, кг/га
Итого						

От общего количества требуемого азота, рассчитанного в таблице 30, необходимо вычесть поступление азота с органическими удобрениями, вычисленное в таблице 25.

Расчет потребности севооборота в фосфоре

Академик Д.Н. Прянишников рекомендовал возвращать в почву 100-130 % фосфора от его выноса с урожаями. Возврат фосфора в зависимости от обеспеченности им почв изменяется, как представлено в таблице 31.

Общая потребность севооборота в фосфоре рассчитывается в таблице 32. Используется такой же принцип расчета, как для расчета доз азотных удобрений.

Таблица 31 – Возврат фосфора с удобрениями в зависимости от обеспеченности им почв для полевых севооборотов

Обеспеченность почв фосфором	Возврат фосфора, в % от его выноса с урожаями	Коэффициент возврата K_1
Очень низкая	Более 130	1,3
Низкая	120	1,2
Средняя	110	1,1
Повышенная	На почвах, обогащенных азотом	С дозой 10-20 кг/га
Высокая		
Очень высокая	Посев семян	–II–

Следует учитывать, что рядковое внесение удобрений в малых дозах практически не оказывает последствий. Фосфорные удобрения в дозах 40-80 кг д.в. на гектар существенно действуют на урожай два года, что также необходимо учитывать при разработке системы удобрения.

Таблица 32 – Расчет доз фосфора в севообороте

Севооборот	Планируемый урожай Уп, ц с 1 га	Вынос фосфора В с 1 ц, кг	Вынос фосфора с планируемым урожаем, кг/га	Обеспеченность почв фосфором	Коэффициент возврата K_1	Расчетная доза фосфора Д, кг/га
Итого						

От общего количества фосфора, требуемого культурами севооборота (табл. 32), следует вычесть фосфор, поступающий с органическими удобрениями, рассчитанный в таблице 25.

Расчет потребности севооборота в калии

Для расчета потребности в калии выдерживается такой же принцип расчета доз удобрений. Размеры возврата калия с удобрениями на почвах среднего и тяжелого гранулометрического состава приведены в таблице 33.

Таблица 33 – Возврат калия с удобрениями в зависимости от обеспеченности им почв для полевых севооборотов

Обеспеченность почв калием	Возврат калия, % от его выноса с урожаями	Коэффициент возврата (K_1)
Очень низкая	100	1,0
Низкая	80	0,8
Средняя	60	0,6
Повышенная	20-40	0,2-0,4
Высокая	Не применяется	–
Очень высокая	Не применяется	–

При средней и высокой обеспеченности почв калием его возврат с удобрениями меньше, потому что валовые запасы его в почве больше и происходит постоянный переход их в подвижные формы. Калийные удобрения вносятся один-два раза за севооборот в оптимальных дозах, в основном под калиелюбивые культуры или в паровые поля. В таких дозах калийные удобрения обладают последствием.

Порядок расчета потребности севооборота в калийных удобрениях приведен в таблице 34.

Таблица 34 – Расчет доз калия в севообороте

Севооборот	Планируемый урожай Уп, ц с 1 га	Вынос калия В с 1 ц, кг	Вынос калия с планируемым урожаем, кг/га	Обеспеченность почв калием	Коэффициент возврата K_1	Расчетная доза калия Д, кг/га
Итого						

Из общего количества калия, требуемого культурами севооборота (см. табл. 34), необходимо вычесть калий, поступающий с органическими удобрениями (см. табл. 25).

МОДУЛЬ 3. АГРОХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ

Задача формирования системы удобрений включает два аспекта: 1) регулирование круговорота веществ в агроландшафтах, оптимизация элементов земледелия, системно зависимых от применения удобрений; 2) управление продукционным процессом сельскохозяйственных культур в агроценозах.

Стратегия формирования систем удобрения сельскохозяйственных культур в севооборотах должна изменяться в зависимости от обеспеченности агрохимическими ресурсами [Кирюшин В.И., Кирюшин С.В., 2015]. Суть ее заключается в том, что на первом этапе решается задача регулирования питания растений в компенсирующем режиме в звеньях, где оно наименее сбалансировано: компенсация дефицита фосфора в паровых полях и дефицита азота при минимизации, стартовое, припосевное удобрение, подкормка озимых зерновых и многолетних трав и т.п. При этом окупаемость минеральных удобрений может достигать 10 кг зерна за 1 кг д. в. В процессе освоения нормальных систем земледелия и агротехнологий необходимо дифференцировать применение удобрений с учетом крутизны и экспозиции склонов, их влагообеспеченности, эродированности, солонцеватости почв и других агроэкологических условий. По достижении уровня обеспеченности пашни минеральными удобрениями, необходимого для оптимизации системы земледелия по определенным экологическим и экономическим условиям, дальнейшее увеличение их применения должно осуществляться в интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур в расчете на планируемую урожайность.

Лабораторная работа 7. Обоснование и выбор форм и видов удобрений для культур севооборота с учетом свойств почв и особенностей почвенно-климатической зоны

Основные теоретические положения

Удобрения оказывают важнейшее влияние на продуктивность земледелия. Каждый четвертый житель планеты кормится за счет средств химизации (применения удобрений и средств защиты растений). Поэтому в обозримом будущем альтернативы удобрениям нет.

Основные функции удобрений:

- содержат питательные вещества для растений;
- усиливают мобилизацию питательных элементов в почве;
- повышают энергию жизненных процессов в почве и растениях;
- изменяют свойства почвы.

Сбалансированное многоэлементное питание растений и качество продукции предполагает использование целого комплекса макро- и микроэлементов. Применение даже умеренных доз удобрений (до 40 кг/га) способствует повышению адаптации растений к стрессовым факторам, более эффективному использованию запасов почвенной влаги и осадков, стабилизирует во времени урожайность полевых культур на достаточно высоком уровне. Оптимизация минерального питания за счет применения удобрений обеспечивает более полное (на 20-40 %) использование природных факторов продуктивности (ФАР, влага), энергоресурсов самой почвы (на 15-50 %), а также повышает окупаемость издержек производства по возделыванию сельскохозяйственных культур. Удобрения являются материальной основой урожая при любых технологиях. Повышая продуктивность как основной, так и побочной продукции, удобрения увеличивают возврат в почву компонентов для минерализации органических остатков (корней, пожнивных остатков и др.), что способствует образованию легкоусвояемых минеральных питательных веществ для растений.

По обобщенным результатам имеющихся научных исследований и практики сельского хозяйства установлено, что эффективность удобрений в условиях Красноярского края зависит от следующих факторов:

- почвенное плодородие (применение удобрений экономически выгоднее на относительно менее плодородных земельных массивах и полях севооборотов);
- влагообеспеченность;
- биологические особенности сельскохозяйственной культуры;
- тип севооборота;
- уровень культуры земледелия в хозяйстве;
- цены на удобрения и сельскохозяйственную продукцию.

В почвах края в первом минимуме находится азот, во втором фосфор и третьем – калий. Установлено, что наиболее эффективны азотные удобрения в соотношении N:P:K – 4,5:3,5:2. По материалам полевых опытов, проведенных в условиях Сибири, свыше 50 % прибавок урожая сельскохозяйственных культур приходится на азот. При недостатке минерального азота в почве возделываемые культуры во всех зонах хорошо отзываются на внесение азотных удобрений. На ка-

ждый внесенный килограмм азота уже в первый год получают 5-10 кг зерна.

В таблицах приведена развернутая характеристика удобрений, часть из которых поступает в Красноярский край: азотных – в таблицах 35-37, фосфорных – 38-40, калийных – 41-43 и комплексных – 44-45.

Свойства основных азотных, фосфорных, калийных и комплексных удобрений, особенности их применения

В последние годы в ассортименте азотных удобрений появились удобрения на основе аммонийной селитры – азотно-магниевое удобрение и известково-аммонийная селитра.

Азотно-магниевое удобрение ($NH_4NO_3+MgCO_3$)

Преимущества: хорошее физическое состояние (гранулят); возможность локального внесения; возможность смешивания с другими туками: практически не обжигает семена; малогигроскопично, дольше хранится; содержит элемент магний, который усиливает фотосинтез, так как входит в состав хлорофилла; эффективно на почвах легкого гранулометрического состава и на кислых почвах с дефицитом почвенного магния.

Недостатки: намного слабее растворим по сравнению с селитрой за счет магния; нежелательно применение на черноземах, которые содержат достаточное количество магния; недопустимо внесение на засоленных и солонцеватых почвах (может провоцировать магниевую солонцеватость)

Известково-аммонийная селитра ($NH_4NO_3+CaCO_3$)

Преимущества: хорошее физическое состояние (гранулят); возможность локального внесения; возможность смешивания с другими туками: практически не обжигает семена; малогигроскопично, дольше хранится; содержит известь, которая снижает токсическое действие кислотности почвы на растения, особенно в зоне проростков; эффективно на кислых почвах (дерново-подзолистых, серых лесных).

Недостатки: менее растворимо по сравнению с селитрой за счет кальция; нецелесообразно применение на нейтральных и щелочных почвах, в которых достаточно кальция и практически нет водорода, обуславливающего кислотность почв. В настоящее время в крае расширяется применение минеральных удобрений в жидком виде: карбамидно-аммиачная смесь (КАС) и безводный аммиак.

Карбамидо-аммиачная селитра (КАС) – ($NH_4NO_3 + CO(NH_2)_2 + H_2O$) – жидкое удобрение

Преимущества: более низкая стоимость единицы действующего вещества по сравнению с твердыми видами азотных удобрений; дос-

точно высокая концентрация азота (32 %); азот из удобрения и почвы не улетучивается; легкая доступность азота для растений; пролонгированное действие (так как содержит три формы азота – нитратную, аммонийную и амидную); возможность применения на всех типах почв; возможность основного внесения под все культуры; возможность применения для корневых подкормок пропашных и некорневых подкормок зерновых; усиливает синтез белка за счет усвоения через устьица листьев; внесение КАС совмещается с использованием пестицидов в одной баковой смеси; эффективно под зерновые, особенно по плохим азотным предшественникам.

Недостатки: требует особых условий хранения, транспортировки и внесения; может кристаллизоваться при низких температурах; внесение только весной или летом; при внутрпочвенном внесении необходима заделка на оптимальную глубину; возможность нитратонакопления в продукции при несоблюдении доз; риск ожогов растений при несоблюдении доз и способов внесения; необходимость специальной техники для внесения.

Безводный или маловодный аммиак (NH_3+H_2O)

Преимущества: высокая концентрация азота (более 90 %); отсутствие балластных веществ; легкая доступность растениям; быстрое включение (уже в корнях) в биосинтез протеинов, а затем белка; ускоренный рост вегетативной массы; не приводит к накоплению нитратов в продукции; уничтожает вредителя проволочника.

Недостатки: очень летуч, быстро разлагается с потерей аммиака; приводит к локальному загрязнению воздуха; экологически опасен для почвенной биоты (приводит к гибели); вносится только способом «инжектирования» (впрыскивания в почву под давлением); требует строгого соблюдения техники безопасности при хранении и внесении.

Для внесения безводного аммиака требуется специализированное оборудование: агрегат по внесению и полевые газовые емкости. Работы с аммиаком относятся к категории повышенной опасности, в связи с этим сельскохозяйственным товаропроизводителям рекомендуется обращаться в специализированные компании. Ранее накопленный опыт по применению аммиачной воды, а также безводного аммиака свидетельствует о высокой эффективности применения аммиачных удобрений, особенно под силосные культуры, картофель и овощи. В настоящее время обобщенных материалов по эффективности этих удобрений очень мало.

Таблица 35 – Химические и физические свойства основных азотных удобрений

Удобрение	Формула	Содержание азота, %	Внешний вид		Растворимость	Объем 1 т удобрений, м ³	Рассеиваемость	Слеживаемость	Гигроскопичность	Условия смешивания с другими удобрениями
			физическое состояние	окраска						
Аммонийная селитра	NH_4NO_3	34,5-35,0	Гранулированная	Белая или желтоватая	Очень сильная	1,19	Хорошая	Слабая	Очень сильная	Незадолго до внесения
Мочевина (карбамид)	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	46	Гранулированная	Белая или желтоватая	Сильная	1,55	Хорошая	Не слеживается	Гигроскопична при высокой влажности воздуха	Незадолго до внесения
Сульфат аммония	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	20,5-21,5	Мелкокристаллический	Различных оттенков, в основном серо-зеленый	Сильная	1,25	Хорошая	Слабая	Очень слабая	Нельзя смешивать со щелочными удобрениями
Кальциевая селитра	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	17,0	Чешуйчатые гранулы	Желтая или светло-коричневая	Сильная	0,9-1,1	Удовлетворительная	Умеренная	Очень сильная	Нельзя смешивать с суперфосфатом
Натриевая селитра	NaNO_3	16,0	Мелкокристаллическая	Белая с желтоватым оттенком	Сильная	0,7-0,91	Хорошая в сухом состоянии	Незначительная	Умеренная	Нельзя смешивать с недостаточно сухими удобрениями
Аммиак водный	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$, (NH_4OH)	20	Жидкость	Бесцветная или желтоватая	В любом соотношении	1,1	-	-	-	-

Таблица 36 – Агрономические свойства основных азотных удобрений

Удобрение	Форма соединений азота	Физиологическая реакция удобрения	Действие удобрений на почву	Для каких почв, при каких условиях наиболее эффективно	Для каких культур применяется	Оптимальный способ и срок внесения в почву	В сочетании с какими удобрениями более эффективно
Аммонийная селитра	Аммонийная и нитратная	Слабокислая	Реакция почв не изменяется	Применяется на всех почвах	Для всех культур	Все способы, предпочтительно весной под культивацию, нельзя смешивать с семенами	На кислых почвах в сочетании с нейтральными и щелочными
Мочевина (карбамид)	Амидная	Слабое подкисление	Реакция нейтральных и кислых почв не изменяется, слабое подщелачивание карбонатных почв	На всех почвах, а на карбонатных – при орошении	Для всех культур	Все способы, в любые сроки, предпочтительно под культивацию, нежелательно смешивать с семенами	С преципитатом и сульфатом калия
Сульфат аммония	Аммонийная	Кислая	Устойчивое подкисление	На нейтральных почвах, а на кислых совместно с известью и навозом	Для всех культур, особенно картофеля, бобовых, поливных, крестоцветных	Внесение вразброс в любые сроки, предпочтительно весной под культивацию	Со всеми удобрениями, кроме щелочных форм
Кальциевая селитра	Нитратная	Слабощелочная	Временное нестойкое подкисление, или не изменяет	Особенно на кислых почвах	Для всех культур	Внесение вразброс, предпочтительно под предпосевную культивацию	С калийными удобрениями
Натриевая селитра	Нитратная	Щелочная	Слегка подщелачивает	На всех почвах, ограничено на щелочных	Для всех культур, особенно свеклы	Внесение вразброс, предпочтительно весной под культивацию	С фосфорными и калийными удобрениями
Аммиак водный	Аммиачная	Нейтральная	Слабо подщелачивает, затем подкисляет	На всех почвах, особенно на кислых	Для всех культур, особенно силосных	Допосевное в любые сроки	-

Таблица 37 – Экологическая характеристика основных азотных удобрений

Удобрение	Возможные пути потерь и миграции	Негативное влияние на окружающую среду	Требования к внесению	Безопасность жизнедеятельности	
				при хранении	при внесении
1	2	3	4	5	6
Аммонийная селитра	Аммонийная часть азота связывается почвой и не выщелачивается, нитратная форма азота остается свободной и подвижной в почвенном растворе, она может вымываться. Аммонийная группа может необменно фиксироваться минералами почвы	Загрязнение нитратами водных источников, кумуляция нитратов в растениеводческой продукции, склевывание птицами и их возможная гибель	Весеннее или летнее внесение в зонах с избыточным и достаточным увлажнением, обязательная заделка в почву, соблюдение предельно-допустимых доз	Помещения с приточно-вытяжной вентиляцией. Является окислителем, пожаро- и взрывоопасным, нельзя хранить вместе с органическими материалами, обладает местным раздражающим действием на слизистую оболочку носа и кожу	Респираторы, защитная спецодежда
Мочевина (карбамид)	В почве быстро превращается в аммиачную форму, которая связывается почвой. Возможны газообразные потери аммиака, необменная фиксация аммонийной группы. Может содержать до 1,5-3,0 % токсического биурета или он образуется при неправильном внесении и хранении	Локальное загрязнение атмосферного воздуха, токсическое действие биурета на растения, склевывание птицами и их возможная гибель	Недопустимо поверхностное внесение, обязательная заделка в почву на оптимальную глубину	Приточно-вытяжная вентиляция помещений. Не токсична, пожаробезопасна. В качестве примеси содержит свободный аммиак, раздражение верхних дыхательных путей	Респираторы, защитная спецодежда
Сульфат аммония	Аммонийная часть азота связывается почвой, может необменно фиксироваться минералами. При поверхностном внесении разлагается с образованием аммиака, нитрифицируется и может вымываться	Незначительное загрязнение атмосферного воздуха и загрязнение водных источников	Недопустимо поверхностное внесение, обязательная заделка в почву для предотвращения необменной фиксации и газообразных потерь	Помещения с вентиляцией, хранение в мешках или россыпью. Пожаро- и взрывоопасен, вызывает раздражение кожи и верхних дыхательных путей	Для защиты от сульфата аммония противопыльные респираторы и брезентовые рукавицы

Окончание табл. 37

1	2	3	4	5	6
Кальциевая селитра	Нитратная группа не связывается почвой и может вымываться (выщелачиваться) осадками, эрозионным стоком, поливными водами	Загрязнение нитратами водных источников, кумуляция в растениеводческой продукции	Преимущественно осенне-летнее внесение, особенно в зонах с достаточным увлажнением, соблюдение предельно допустимых доз	Из-за гигроскопичности закрытое хранение в специальных многослойных мешках, нельзя хранить рядом с суперфосфатом	Спецодежда
Натриевая селитра				Легко воспламенима, при попадании на кожу или слизистую оболочку раздражает	Респираторы, очки, защитная спецодежда
Аммиак водный	Связывается почвой, не вымывается атмосферными осадками, сильные газообразные потери аммиака, после частичной нитрификации возможно вымывание нитратов	Загрязнение атмосферного воздуха аммиаком, частичное загрязнение водных источников, миграция насекомых-опылителей, при несоблюдении доз гибель почвенной фауны	Вносить в почву инжестированием на глубину не менее 10-20 см в зависимости от свойств почвы, соблюдение допустимых доз	Хранение в герметичных емкостях под давлением. При дегазации паров взрывоопасен, горюч, с очень резким запахом, токсичен, раздражающ, вызывает резкий удушливый кашель, головокружение, расстройство дыхания	Специальные агрегаты для внесения под давлением. Соблюдение мер предосторожности, использование индивидуальных средств защиты

Эффективность азотных удобрений

Особенно эффективны азотные удобрения на бедных гумусом почвах. На черноземах они эффективны при внесении на фоне фосфорно-калийных удобрений. В засушливых условиях эффективность азотных удобрений невысокая, они могут вызывать токсикоз растений. При пониженных температурах эффективны нитратные формы азотных удобрений (селитры).

На кислых почвах более эффективны амидные (мочевина) и аммиачные формы (аммиачная вода, безводный аммиак) удобрений. При орошении под все культуры дозы увеличиваются на 30 %, так как эффективность их возрастает. При дозе азота свыше 60-90 кг/га их следует применять дробно с учетом основных этапов органогенеза растений (50 % в основную обработку, до посева или при посеве, а остальные дозы с учетом вегетации в виде подкормки). О целесообразности подкормок судят по результатам растительной (тканевой) диагностики.

Для обеспечения эколого-токсикологической безопасности внесения азотных удобрений и повышения их эффективности запрещается:

- применять азотные удобрения:
 - ✓ на сильно кислых почвах (при рН менее 4,5), так как азот не усваивается растениями;
 - ✓ на территории первого пояса зоны санитарной охраны водоемов (прибрежная полоса);
 - ✓ на замерзшей и покрытой снегом почве;
 - ✓ на крутосклонах;
 - ✓ осенью в зонах достаточного и избыточного увлажнения;
- превышать дозы выше 150 кг/га (предельно допустимая доза – ПДД азотных удобрений);
- проводить поздние подкормки картофеля, овощных культур, кормовых корнеплодов (не позднее чем за 30 дней до уборки).

При высоких дозах (более 60 кг/га) и при орошении вносить дробно.

Приемы регулирования питания азотом:

- ✓ правильное соотношение азота с другими макро- и микроэлементами в зависимости от плодородия почвы и биологических требований культуры (особенно К и Мо);

✓ совершенствование методов оптимизации азотного питания сельскохозяйственных культур в процессе всей вегетации растений за счет подкормок; при этом необходимо учитывать прямое действие удобрений как источника питания растений и косвенное, связанное с мобилизацией дополнительного «экстра-азота» вследствие активизации процессов минерализации органического вещества почвы;

✓ строгое соблюдение агрономической технологии использования азотных удобрений с учетом доз, форм, сроков и способов внесения;

✓ совершенствование форм азотных удобрений в плане пролонгации их действия (удобрения на основе мочевины) и различные виды капсулированных N-удобрений;

✓ синтез новых видов и форм минеральных удобрений с постепенным переходом питательных веществ удобрений в почвенный раствор в процессе вегетации растений, что важно с экологической точки зрения;

✓ применение комплекса агротехнических приемов, направленных на регулирование процессов мобилизации и иммобилизации азота в почве и в процессе гумификации.

Минерализация азота почвы при внесении азотных удобрений зависит от ряда факторов:

➤ степени окультуренности серой лесной и дерново-подзолистой почвы;

➤ интенсивности деятельности почвенных микроорганизмов;

➤ увеличения положительной деятельности корневой системы удобренных растений;

➤ форм азотного удобрения (аммиачные формы способствуют большему усвоению азота по сравнению с нитратными);

➤ известкования, которое значительно увеличивает мобилизацию и усвоение растениями азота почвы;

➤ навоза, с которым в почву поступает дополнительное количество микрофлоры.

Таблица 38 – Химические и физические свойства основных фосфорных удобрений

Удобрение	Формула	Содержание фосфора	Форма фосфорного соединения	Внешний вид		Объем 1 т удобрения, м ³	Рассеиваемость	Условия смешивания с другими удобрениями
				физическое состояние	окраска			
Суперфосфат двойной	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	43-49	Однозамещенный фосфат кальция, водорастворимый	Гранулированный	От белой до темно-серой	1,15	Очень хорошая	Незادолго до внесения со всеми удобрениями
Суперфосфат простой	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{CaSO}_4$	20-25	-	Порошковидный или гранулированный	Белая или светло-серая	0,85-0,9	У порошковидного при большой влажности плохая, у гранулированного очень хорошая	-
Преципитат	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	36	Двухзамещенный фосфат кальция, полурстворимый	Порошковидный	Белая	1,18	Хорошая	Смешивается с любыми удобрениями, кроме щелочных
Фосфоритная мука	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	18-29	Трехзамещенный фосфат кальция, водонерастворима	Порошковидная	Землисто-серая или коричневая	0,55-0,6	Хорошая	-

Таблица 39 – Агрономические свойства основных фосфорных удобрений

Удобрение	Форма соединений фосфора	Физиологическая реакция удобрения	Действие удобрений на почву	Для каких почв, при каких условиях наиболее эффективно	Для каких культур применяется	Оптимальный способ и срок внесения в почву	В сочетании с какими удобрениями более эффективно
Суперфосфат двойной	Водорастворимая	Нейтральная	Не изменяет реакцию	На всех почвах	Для всех культур	Все способы, в любые сроки, преимущественно локально	Незадолго до внесения с любыми удобрениями
Суперфосфат простой	Водорастворимая	Нейтральная	Не изменяет реакцию	На всех почвах, особенно солонцеватых	Для всех культур, особенно нуждающихся в сере (картофель, крестоцветные)	Все способы, в любые сроки	Незадолго до внесения с любыми удобрениями
Преципитат	Полурастворимая	Нейтральная	Несколько ослабляет кислотность	На всех почвах, преимущественно на кислых	Для всех культур	Внесение вразброс под зяблевую вспашку	С кислыми формами удобрений
Фосфоритная мука	Водорастворимая	Нейтральная	Ослабляет кислотность	В чистом виде только на кислых почвах, на других – в компостах	Для всех культур, особенно озимых, бобовых	Только под зяблевую вспашку	С кислыми формами удобрений и органическими удобрениями

Таблица 40 – Экологическая характеристика основных фосфорных удобрений

Удобрение	Возможные пути потерь и миграции	Негативное влияние на окружающую среду	Требования к внесению	Безопасность жизнедеятельности	
				при хранении	при внесении
Суперфосфат двойной	Почвой очень быстро связываются в малоподвижное состояние и переходят в менее доступную для растений форму. Содержат примеси тяжелых металлов и радионуклидов. При избыточных дозах «зафосфачивание» почвы и снижение подвижности микроэлементов. Очень слабо мигрируют, почти не вымываются	Могут приводить к незначительной кумуляции тяжелых металлов	Для снижения «ретроградации» преимущественно локальное внесение, соблюдение доз	Не токсичен, пожаро- и взрывобезопасен, слабо пылит	Спецодежда
Суперфосфат простой					
Преципитат	Медленнее, чем суперфосфат связывается почвой, очень слабо мигрирует		Заделка и перемешивание с почвой, соблюдение доз	Сильно пылит, должно быть пылеулавливание, нетоксичен, пожаро- и взрывобезопасен	Транспортные потоки герметизированы.
Фосфоритная мука	Самое медленное связывание с почвой. Переход в подвижное состояние на кислых почвах. Большая примесь тяжелых металлов и радионуклидов		Обязательная заделка и тщательное перемешивание с почвой, соблюдение доз		Респираторы, спецодежда

Приемы регулирования питания фосфором

В условиях Красноярского края эффективность двойного суперфосфата высокая во всех зонах. Она повышается при внесении под культуры, размещенные по хорошим азотным предшественникам (чистому пару, занятому пару, пласту многолетних трав, обороту пласта многолетних трав и др.) или при совместном внесении с азотными удобрениями.

Наиболее эффективным приемом внесения гранулированных фосфорных удобрений на всех почвах является локальный способ (рядковое, ленточное и т.д.), предотвращающий химическое поглощение фосфора, повышающий коэффициент усвоения и доступность его растениями, а также снижающий затраты на внесение.

Эффективность фосфорных удобрений на различных почвах проявляется по-разному. Самая высокая эффективность фосфорных удобрений отмечается на черноземах. Это объясняется хорошим обеспечением почвы азотом, а также интенсивным развитием корневой системы растений за счет оптимальных агрофизических свойств. На удобренном фосфором фоне растения на 10-15 % меньше расходуют влаги для создания единицы урожая. На серых лесных почвах действие фосфорных удобрений несколько снижается вследствие худшего обеспечения их азотом и высокой подвижности в них фосфорорганических соединений. На дерново-подзолистых почвах эффективность фосфорных удобрений достаточно высокая, если они применяются в сочетании с другими видами удобрений, при выполнении необходимых агротехнических и мелиоративных мероприятий.

Основной путь поддержания оптимального питания растений фосфором – внесение минеральных и органических удобрений. Однако в этом вопросе существует ряд нерешенных проблем.

1. Низкий коэффициент использования фосфора удобрений как отдельными культурами, так и в агроценозе.

2. Периодическое внесение высоких доз фосфорных удобрений, или «зафосфачивание» почв, нарушает баланс других биогенных элементов, особенно микроэлементов, что отрицательно сказывается на питании растений.

3. Наличие в фосфорных удобрениях примесей различных элементов, загрязняющих компоненты природной среды.

4. Иммобилизация фосфора в почве микроорганизмами.

5. Ретроградация фосфора (химическое закрепление и переход в недоступную для растений форму) в результате химического взаимодействия с почвой.

Таблица 41 – Химические и физические свойства основных калийных удобрений

Удобрение	Формула	Содержание калия, %	Внешний вид		Растворимость	Объем 1 т удобрений, м ³	Рассеиваемость	Слеживаемость	Гигроскопичность	Условия смешивания с другими удобрениями
			физическое состояние	окраска						
Хлористый калий (промышленный)	KCl	60	Мелкокристаллический порошок	От белозерной до кирпичной	Хорошая	1,09-1,05	Хорошо рассеивается в сухом состоянии	Сильно слеживается	Малогигроскопичен	Можно смешивать со всеми, кроме мочевины
Хлористый калий (нефелиновый)	KCl	62	Мелкокристаллический порошок	Светло-желтая	Хорошая	1,1-1,2	Хорошо рассеивается в сухом состоянии	Сильно слеживается	Малогигроскопичен	То же
Калийная соль	KCl+KCl · NaCl	40	Кристаллический порошок	Краснокирпичная	Хорошая	0,83-1,0	В сухом состоянии рассеивается удовлетворительно	Слеживается	Малогигроскопичен	То же
Сульфат калия (промышленный)	K ₂ SO ₄	46	Кристаллический порошок	Серовато-белая	Хорошая	0,71-0,8	Хорошая	Не слеживается	Негигроскопичен	То же
Сульфат калия (нефелиновый)	K ₂ SO ₄	52	Мелкокристаллический порошок	Белая с различными оттенками	Хорошая	0,8-0,9	Хорошая	Не слеживается	Негигроскопичен	То же

Таблица 42 – Агрономические свойства основных калийных удобрений

Удобрение	Форма соединений калия	Физиологическая реакция удобрения	Действие удобрений на почву	Для каких почв, при каких условиях наиболее эффективно	Для каких культур применяется	Оптимальный способ и срок внесения в почву
Хлористый калий (промышленный и нефелиновый)	Хлорсодержащее	Кислая	На кислых почвах устойчивое подкисление, в засушливых условиях признаки засоления	На всех почвах, но на кислых совместно с известью и навозом	Для всех культур, в том числе и для чувствительных к хлору	Основное внесение осенью с глубокой заделкой, особенно под культуры, чувствительные к хлору
Калийная соль	Хлорсодержащее	Кислая	На кислых почвах устойчивое подкисление, в засушливых условиях признаки засоления	На кислых почвах устойчивое подкисление, в засушливых условиях признаки засоления	На всех почвах, но на кислых совместно с известью и навозом	Основное внесение осенью с глубокой заделкой, особенно под культуры, чувствительные к хлору
Сульфат калия (промышленный и нефелиновый)	Сульфатное	Кислая	На кислых почвах устойчивое подкисление	На всех почвах, прежде всего для почв засушливой зоны, склонных к засолению, на кислых совместно с известью и навозом	Для всех культур, особенно для чувствительных к хлору (картофель, гречиха, клевер) и требующих серу	Любой срок внесения, преимущественно вразброс с заделкой под вспашку или культивацию

Таблица 43 – Экологическая характеристика основных калийных удобрений

Удобрение	Возможные пути потерь и миграции	Негативное влияние на окружающую среду	Требования к внесению	Безопасность жизнедеятельности	
				при хранении	при внесении
Хлористый калий (промышленный и нефелиновый) и калийная соль	Калий поглощается почвой и находится в обменном состоянии, часть калия необменно фиксируется. На легких почвах калий удобрений более подвижен и может вымываться, ион хлора почвой не связывается и вымывается атмосферными осадками	Загрязнение водных источников хлором, частичное загрязнение почв радиоактивным калием, кумуляция хлора в агропродукции	Обязательная заделка в почву, преимущественное внесение осенью, соблюдение доз	Не образует токсичных веществ, не горюч, пожаро- и взрывобезопасен. Пылевидные частицы, попадая на кожные раны, ухудшают их заживление, вызывают катар слизистой оболочки носа, раздражают кожу.	Противопылевые респираторы, защитные герметичные очки, спецодежда
Сульфат калия (промышленный и нефелиновый)	Калий поглощается почвой и находится в обменном состоянии, часть его необменно фиксируется минералами. На легких почвах может вымываться. Сульфат-ион менее подвижен, чем хлор	Экологически менее опасен, чем хлорсодержащие	Обязательная заделка в почву, преимущественное внесение осенью, соблюдение доз	Не образует в воздухе токсич. вещ-в, пылит, вызывает воспаление слизистых оболочек глаз и верхних дых. путей, вызывает катар. Ухудшает заживление кожи	Противопылевые респираторы, защитные герметичные очки, спецодежда

Требования к внесению калийных удобрений:

- ✓ недопустимо оставление на поверхности почвы, особенно при основном внесении;
- ✓ заделка в непересыхающий слой почвы;
- ✓ мелкокристаллические формы вносятся только вразброс;
- ✓ эффективно под калиелюбивые культуры (углеводного типа питания);
- ✓ нежелательно внесение хлористого калия под культуры, чувствительные к хлору;
- ✓ эффективно внесение сульфата калия под серолюбивые культуры;
- ✓ щелочные калийные удобрения (зола K_2CO_3) применяются на кислых почвах под все культуры, чувствительные к хлоридам, – картофель, гречиха, овощи, табак, виноград, цитрусовые.

Эффективность калийных удобрений

Культурные растения по-разному отзываются на калийное питание. Калийлюбивые культуры углеводного типа питания – картофель, кормовые корнеплоды, все овощи, сахарная свекла, кукуруза, подсолнечник. Калийные удобрения необходимы под все технические культуры для повышения прочности клеточных стенок растений, а также под масличные (рапс, рыжик и др.). Требуется соблюдать сбалансированное питание по азоту и калию для овощных культур, кормовых корнеплодов и многолетних трав, так как калий усиливает углеводный обмен, приводит к накоплению сахаров. Калийные удобрения способствуют превращению вредных нитратов в запасные питательные вещества. Для снижения содержания нитратов необходимо вносить их под картофель, овощи, кормовые корнеплоды, многолетние травы, для баланса с азотом. Дозы калийных удобрений составляют 40-60 кг/га под зерновые культуры и 60-90 кг/га под пропашные. Соотношение N:P:K нужно балансировать: под кормовые – 1:0,5:1 под овощные – 1:1:2. Для борьбы с полеганием зерновых культур обязательно внесение калийных удобрений по парам. Под озимые культуры и многолетние травы необходимо внесение калийных удобрений для повышения концентрации клеточного сока растений и улучшения условий перезимовки.

Приемы оптимизации питания растений калием:

✓ правильное распределение калийных удобрений по природно-экономическим районам с учетом обеспечения почвы подвижными формами калия;

✓ повышение уровня культуры земледелия, окультуренности почв, оптимальное насыщение почвы севооборота другими видами удобрений, т.е. сбалансированное питание сельскохозяйственных культур;

✓ внесение калия в севообороте, прежде всего под культуры с высокой отзывчивостью на калий и окупаемостью калийных удобрений урожаем (картофель, сахарная свекла, овощи, кормовые корнеплоды, травы и др.);

✓ правильный подбор форм калийных удобрений с учетом биологических требований сельскохозяйственных культур;

✓ правильный подбор сроков и способов внесения удобрений;

✓ правильное установление доз калийных удобрений с учетом метеоусловий;

✓ полное обеспечение оптимальными дозами калия в сочетании с другими питательными веществами, особенно на торфяных, вновь освоенных, старопахотных, торфяно-болотных почвах;

✓ калий – элемент менее подвижный, чем азот, но более мобильный, чем фосфор, поэтому требуется периодическое внесение высоких доз калийных удобрений на тяжелых почвах.

Следует помнить, что эффективность калийных удобрений возрастает при внесении их осенью под основную обработку, а также при орошении и осушении.

Таблица 44 – Свойства основных комплексных удобрений

Удобрение	Химический состав (формула)	Содержание элементов	Внешний вид		Объем 1 т удобрений, м ³	Рассеиваемость	Условия смешивания с другими удобрениями	На каких почвах, при каких условиях эффективно	Для каких культур применяется	Оптимальный срок и способ внесения в почву
			физическое состояние	окраска						
Аммофос	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	Колеблется в зависимости от сырья N:P 9-12:42-50	Гранулированный	Серо-стальная	0,95-1,0	Хорошая	Идеален для тукосмешивания	На всех почвах, особенно эффективен для щелочных	Для всех культур, особенно вторых зерновых	Все способы и сроки, преимущественно локальный
Диаммофос	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	N:P 20:53	Гранулированный и порошко-видный	Серо-стальная	0,78-0,82	Хорошая	Хороший компонент для тукосмесей	На всех почвах, особенно эффективен для щелочных	Для всех культур	Преимущественно допосевное, нежелательно смешивать с семенами
Нитроаммофос	Азотно-фосфорное	N : P 20 : 53	Гранулированный	Белая с различными оттенками	0,9-1,0	Хорошая	Смешивается со всеми удобрениями	На всех почвах	Для всех культур, особенно для серых хлебов	Все способы и сроки, преимущественно локальный
Нитроаммофоска	Азотно-фосфорно-калийное	N:P:K 17,8:17,8:17,8	Гранулированный	Белорозовая	1,07-1,15	Хорошая	Смешивается со всеми удобрениями	На всех почвах	Для всех культур, особенно картофеля, овощей, кормовых корнеплодов	Все способы и сроки, преимущественно под предпосевную обработку

Таблица 45 – Экологическая характеристика основных комплексных удобрений

Удобрение	Возможные пути потерь и миграции	Негативное влияние на окружающую среду	Требования к внесению	Безопасность жизнедеятельности	
				при хранении	при внесении
Аммофос	В почве может нитрифицироваться с образованием нитратов, которые вымываются. Слабо разлагается с образованием аммиака, который улетучивается в воздух	Локальное незначительное загрязнение водных источников и атмосферного воздуха, склевывание птицами	Обязательная заделка, преимущественно весенне-летнее внесение, соблюдение доз	Не токсичен, пожаро- и взрывобезопасен, слабо пылит, раздражает кожу, слизистую оболочку глаз и дыхательных путей	Спецодежда, герметичные очки, респираторы
Диаммофос	Разлагается и аммонифицируется сильнее аммофоса, сильнее мигрирует	Экологически более опасен, чем аммофос	Обязательная заделка, преимущественно весенне-летнее внесение, соблюдение доз		Спецодежда, герметичные очки, респираторы
Нитроаммофос	Более стойкое к разложению и нитрификации	Экологически менее опасное	Обязательная заделка, преимущественно весенне-летнее внесение, соблюдение доз	Не токсичен, не взрывоопасен, имеет склонность к разложению при высокой температуре, слабо пылит, раздражает кожу	Спецодежда, герметичные очки, респираторы
Нитроаммофоска	Более стойкое к разложению и нитрификации	Экологически менее опасное	Обязательная заделка, преимущественно весенне-летнее внесение, соблюдение доз		Спецодежда, герметичные очки, респираторы

В последние годы в ассортименте края появился новый аммофос, обогащенный серой (сульфоаммофос). Большого практического опыта его применения пока не существует. Это удобрение обладает теми же преимуществами и недостатками, что и традиционный аммофос. Однако присутствие в удобрении серы расширяет возможности его эффективного действия при применении под серолюбивые культуры, а также под зерновые культуры белкового типа питания, для которых сера наряду с азотом и фосфором участвует в синтезе белка. Сера – необходимый элемент, входящий в состав растительных масел, поэтому сульфоаммофос является эффективным удобрением под масличные культуры.

Азофоска, диаммофоска, нитроаммофоска и другие тройные азотно-фосфорно-калийные комплексные удобрения

Преимущества: отличаются хорошими технологическими свойствами; имеют гранулированное физическое состояние; суммарное количество питательных веществ около 50 %; сбалансированы по питательным веществам, за исключением диаммофоски; доступность питательных веществ из гранул этих удобрений выше, чем из смеси простых туков; более равномерное распределение гранул удобрения; их лучшая позиционная доступность семенам; меньшая ретроградация в почве фосфора.

Недостатки: преимущественно низкое суммарное содержание элементов питания; необходимость внесения больших весовых норм.

Эффективность комплексных удобрений

Внесение *двойных комплексных удобрений* (аммофоса и нитроаммофоса) должно осуществляться преимущественно локальным способом. Они эффективны в рядки при посеве семян (в сочетании с дополнительным внесением аммиачной селитры или мочевины). Это идеальные удобрения для первых и вторых зерновых культур, так как в них оптимальное соотношение N:P (могут заменить суперфосфат). Нежелательно и экономически нецелесообразно внесение в подкормки многолетних трав и озимых культур. При внесении под картофель, овощи, кормовые корнеплоды их необходимо сочетать с калийными удобрениями, а при внесении под силосные (кукурузу, подсолнечник) с азотными и калийными удобрениями.

Тройные комплексные удобрения (азофоска, диаммофоска, нитроаммофоска, тукосмеси и др.) используются широко как основное

удобрение под многие сельскохозяйственные культуры в больших весовых нормах, а также при локальном способе. Особенно они эффективны под картофель, кормовые корнеплоды, овощи, подпокровные культуры многолетних трав, под зерновые в рядки по любым предшественникам при использовании высокопроизводительных посевных агрегатов, а также под силосные культуры в сочетании с внесением азотных удобрений в подкормки при междурядных обработках. При выборе удобрений под культуры необходимо учитывать соотношение N:P:K. Тукосмеси с высокой долей калия необходимо вносить под картофель, овощи, кормовые корнеплоды. При более высоком соотношении в тукосмесях N:P их лучше применять под зерновые культуры. Тукосмеси с высокой долей азота и низкой фосфора и калия лучше вносить под силосные культуры, однолетние и многолетние травы.

По обобщенным результатам имеющихся длительных полевых опытов и практики сельского хозяйства установлены следующие закономерности применения удобрений:

- азотные удобрения максимально воздействуют на урожай;
- фосфорные удобрения действуют преимущественно в паре с азотными или по хорошим азотным предшественникам, а также при локальных способах внесения;
- калийные удобрения, по данным опытов, не увеличивают урожайность, что требует научной проверки и доказательства;
- минеральные системы удобрения повышают экономическую эффективность, но могут снижать плодородие почв;
- органические системы применения удобрений снижают экономическую эффективность, но способствуют повышению почвенного плодородия;
- в органо-минеральных системах экономическая эффективность удобрений ниже, чем в минеральных, но выше, чем в органических.

Содержание работы

1. Укажите положение основных минеральных удобрений в классификационной системе (признак, на основе которого фосфорные удобрения разделены на несколько групп).

2. Напишите реакции взаимодействия основных азотных удобрений с почвенным поглощающим комплексом:

- а) черноземных почв;
- б) почв элювиального ряда;
- в) почв солонцового комплекса.

3. Согласно химическим реакциям взаимодействия, сделайте выводы о возможном использовании удобрений в связи:

- а) с генетическими особенностями почв;
- б) формой элемента питания в составе удобрения;
- в) присутствием балластных веществ в составе удобрения;
- г) возделываемыми культурами.

4. Предложите рациональные сроки внесения и способы заделки удобрений. Обоснуйте выводами.

5. Экологические требования к внесению и использованию выбранных минеральных удобрений для культур севооборотов.

Вопросы к семинару

1. Назовите лучшую форму азотных удобрений под бобовые культуры.

2. Приводит ли к изменению реакции почв систематическое внесение мочевины?

3. Какие формы азотных удобрений предпочтительнее применять на почвах с кислой реакцией среды?

4. Какие азотные удобрения наиболее эффективны при ранневесенней подкормке озимой ржи?

5. Какие азотные удобрения применяют для повышения содержания белка в озимой, яровой пшенице, озимой ржи?

6. Почему в условиях Сибири не рекомендуется применять высокие дозы азотных удобрений?

7. Перечислите экологические требования к внесению азотных удобрений.

8. Какие азотные удобрения являются лучшими при возделывании кормовой и сахарной свеклы?

9. Почему под бобовые культуры применяют стартовые дозы азотных удобрений?

10. Какие формы азотных удобрений применяют в условиях орошения? Как отличаются их дозы в сравнении с богарой?

11. Когда и с какой целью проводят сеникацию посевов зерновых культур?

12. Какие азотные удобрения можно применять для некорневой подкормки зерновых культур?
13. Какова эффективность азотных удобрений в различных почвенно-климатических зонах края?
14. В какие сроки лучше внести азотные удобрения под картофель в зоне подтайги, лесостепи и степи?
15. Назовите лучшее фосфорное удобрение под бобовые культуры.
16. Какие залежи фосфорных руд имеются в Красноярском крае?
17. На каких почвах фосфоритная мука эффективна в чистом виде?
18. В чем преимущество локального способа внесения фосфорных удобрений в сравнении с разбросным?
19. При компостировании с каким типом торфа растворяется фосфоритная мука?
20. Что такое послойное внесение фосфорных удобрений?
21. Причины и механизм ретроградации фосфорных удобрений.
22. Назовите лучшие формы калийных удобрений для внесения под картофель, овощи и бобовые культуры.
23. Под какие культуры рекомендуется вносить хлористый калий с осени?
24. Какие удобрения повышают морозостойкость, засухоустойчивость и снижают склонность к полеганию растений?
25. Какие калийные удобрения лучше применять под картофель и сахарную свеклу и почему?
26. Что такое дробное внесение удобрений?
27. Какие удобрения можно вносить в «запас»?
28. Перечислите экологически опасные формы удобрений. Назовите причины их опасности.
29. Докажите с помощью уравнения реакции, почему нельзя смешивать известковые и аммонийные удобрения.
30. Какие удобрения улучшают и ухудшают качество волокна льна?
31. Укажите удобрения, применяемые в качестве кормовых добавок в рационе скота.
32. Какие удобрения используют в баковых смесях?
33. Приведите примеры «стекловидных» форм удобрений.
34. Перечислите лучшие формы простых и комплексных удобрений при внесении на солонцовые почвы.

Лабораторная работа 8. Рациональное распределение удобрений в севообороте

Основные теоретические положения

В современных условиях принципиальные положения системы удобрения, не потеряв смыслового содержания, претерпевают значительные изменения в форме их реализации [Титова, 2016]. В последние годы существенно уменьшились общие объемы образования отходов животноводства, изменилась и их характеристика.

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

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

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

Каждая культура в индивидуальном развитии от семени до семени проходит характерную только для него динамику (цикл) потребления питательных элементов. Период вегетации всех культур,

различающихся по требовательности к элементам питания, можно разделить на три этапа.

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

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

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

Сельскохозяйственные культуры значительно различаются по длительности каждого этапа и всего вегетационного периода. Наиболее короткий период потребления, заканчивающийся в конце второго этапа роста, – у яровой пшеницы, ячменя, овса, конопли, льна и редиса. Под эти культуры фосфорные, калийные и частично азотные

удобрения должны быть внесены до посева, часть фосфора – при посеве и часть азота – в подкормки в начале второго периода. В третий период под зерновые колосовые возможны некорневые подкормки азотом для повышения белковости зерна.

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

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

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

Почвенные факторы эффективности удобрений

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

потребность в удобрениях следующих за ними культур, но и оставляют после себя значительное количество неиспользованных питательных веществ. Они подавляют развитие корневой гнили у зерновых культур.

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

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

Рациональное распределение удобрений в севообороте с учетом потребности в удобрениях

При рациональном распределении разных видов удобрений в севообороте необходимо руководствоваться следующими основными принципами [Сорокина, Белоусова, 2020].

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

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

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

Согласно современным научным разработкам установлены следующие закономерности.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- ✓ роль предшественника;
- ✓ уровень обеспеченности почвы элементами питания;
- ✓ биологические особенности сельскохозяйственных растений и сортов;
- ✓ цель возделывания культуры (ее доходность);
- ✓ последствие удобрений;
- ✓ состав и свойства удобрений.

Содержание работы

1. Исходя из рассчитанной потребности в питательных веществах, следует:

- провести распределение органических и минеральных удобрений в севооборотах между культурами при их чередовании (табл. 46);

Таблица 46 – Распределение минеральных удобрений в севообороте

Севооборот	Азот			Фосфор			Калий		
	Дозы питательных веществ по способам внесения, кг д.в.								
	Основное	Предпосевное	Подкормка	Основное	Предпосевное	Припосевное	Основное	Предпосевное	

- определить виды и формы удобрений с учетом их взаимодействия с почвой;

- выбрать технологию обработки почвы и приемы внесения органических и минеральных удобрений (табл. П.17).

Для обоснования предлагаемой системы применения удобрений в севообороте необходимо изучить литературу по вопросам применения удобрений. Особенно следует познакомиться с трудами агрохимиков, работавших в Красноярском крае (Майборода Н.М., Танделов Ю.П., Ерышова О.В., Рудой Н.Г., Крупкин П.И., Антонов И.С., Ялтонский М.А., Кильби И.Я., Выручек А.А.). Эти работы опубликованы в трудах КСХИ, КНИИСХ, КрасГАУ, агрохимических лабораторий, Агрохимического центра «Красноярский», а также опытных станций и государственных сортоучастков [Пути сохранения и повышения ..., 2020].

2. После заполнения таблицы необходимо представить следующие расчеты:

- соотношение питательных веществ в минеральных удобрениях (N, P₂O₅, K₂O);

- количество действующего вещества в среднем на 1 га пашни севооборота, кг: N, P₂O₅, K₂O, навоза или химического мелиоранта.

3. В таблице 47 приводится расчет удобрений в туках (Т, ц на га). Для этого доза удобрения (Д, кг д.в. на 1 га) делится на содержание элементов питания в конкретном удобрении (С, %) по формуле

$$T = D/C.$$

Расчеты проводятся под каждую культуру севооборота и вносятся в соответствующие графы таблицы 47.

Таблица 47 – План внесения минеральных и органических удобрений в севообороте

Севооборот	Доза				Вид удобрений, формула, % д.в.	Внесено в туках (Т), ц/га				
	навоз	мелиоранты	кг д.в./ га			азотные	фосфорные	калийные	комплексные	
			N	P						K
1.										
2.										
Итого										

4. После распределения удобрений между культурами севооборота следует дать очень подробное агрохимическое обоснование разработанной системе удобрения.

Агрохимическое обоснование проводится в порядке чередования культур в севообороте и дается по каждой культуре с оценкой ее предшественника, особенностей питания культуры, указанием доз, сроков и способов внесения удобрений, а также их последствий. Указываются применяемые сельскохозяйственные машины и орудия для внесения удобрений под каждую культуру (табл. П.18).

Далее сообщается о процессах взаимодействия применяемых удобрений с почвой, на которой размещен севооборот. Приводится схема (реакция) взаимодействия удобрений с ППК (почвенно-поглощающим комплексом) данной почвы. Объясняется доступность питательных элементов растениям, возможность потери некоторых питательных веществ из удобрений, изменение реакции среды и т.д.

Рациональность разработанной системы удобрения следует подкреплять ссылками на авторов изученной литературы. Не следует объединять в одно обоснование две культуры, которые встречаются в севообороте 2-3 раза, так как они размещены по разным предшественникам, имеют разную степень обеспеченности питательными веществами, особенно азотом, и отличаются планируемой урожайностью.

Лабораторная работа 9. Приемы и технологии внесения минеральных удобрений севооборота и отдельных культур

Основные теоретические положения

Приемы внесения удобрений

Существенное влияние на выбор технологии и приемов внесения удобрений оказывают:

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

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

Сроки внесения минеральных удобрений

Учитывая периодичность питания растений (критический период и период максимального потребления элементов питания), *выделяют три срока внесения удобрений*. В зависимости от времени внесения удобрений и назначения различают следующие сроки:

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

Основное удобрение предназначено:

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

Поэтому для подавляющего большинства культур в условиях достаточного увлажнения и орошаемого земледелия оно составляет 60-90 %, а недостаточного увлажнения – 90-100 % общей дозы. В районах с гумидным климатом основное внесение фосфорно-калийных удобрений осуществляют обычно осенью под вспашку, а азотных – весной под предпосевную культивацию.

В зонах достаточного увлажнения при промывном типе водного режима почв азотные удобрения с осени вносить нецелесообразно из-за высокой их растворимости и возможного вымывания. В условиях недостаточного увлажнения из-за пересыхания верхней части пахотного слоя почвы имеет преимущество глубокая заделка удобрения до посева под зяблевую вспашку.

Припосевное удобрение вносят одновременно с посевом или посадкой полевых и овощных культур непосредственно в рядки. Припосевное рядковое удобрение предназначено для удовлетворения потребностей культур в питательных элементах в период прорастания семян до появления полных всходов, поэтому редко превышает 2-10 %

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

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

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

Подкормки азотными удобрениями обязательны, как правило, для озимых зерновых и многолетних злаковых трав. Вышедшие после перезимовки растения ослаблены, микробиологическая деятельность в почве в этот период заторможена, растения испытывают недостаток азота. При этом внесение мочевины разбросным способом исключается из-за больших газообразных потерь азота при ее разложении.

Для повышения эффективности ранневесенних подкормок и уменьшения потерь азота их не следует проводить до полного схода снега и сброса снеговой воды. Вносить азот под озимые культуры следует весной, когда растения тронутся в рост, при этом наиболее

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

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

Способы внесения удобрений

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

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

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

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

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

улучшении физико-химических и биологических свойств почв как культурной среды для роста и развития растений.

Разбросным способом вносятся также слаборастворимые формы удобрений – фосфоритная мука, преципитат, фосфат шлак. Внесение минеральных удобрений осуществляется с использованием рассеивателей центробежного типа: РУ-1600, РУ-7000А, МТТ-4У; AMAZONE: ZА-М серии 2АМ или ZС-В7001; BOGBALLE: М1 или DZ; BREDAL: К-45 или К-105, СУ-90. При заделке удобрений под вспашку основное их количество размещается на глубине 9-20 см, в результате чего оно мало доступно растениям в начале вегетации (рис. 5).

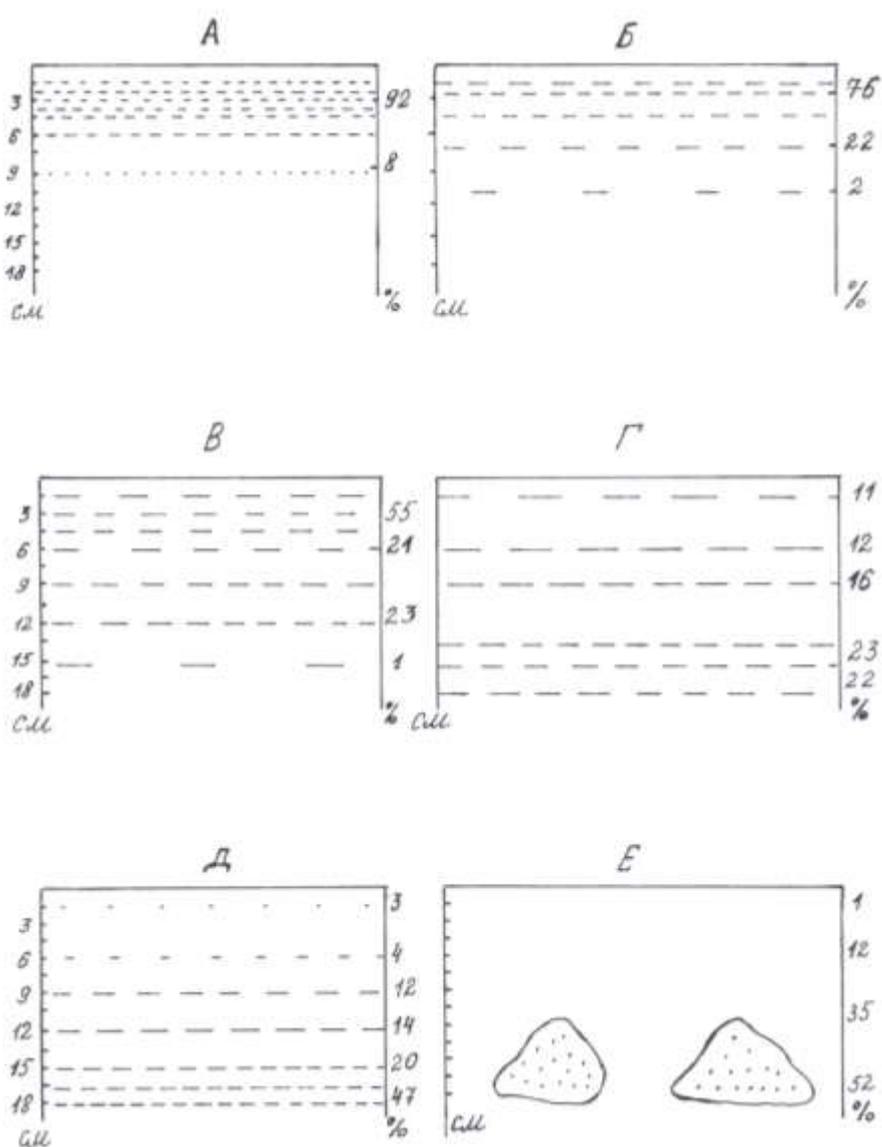


Рисунок 5 – Размещение основного удобрения при разных способах его заделки:
 А – легкой бороной; Б – тяжелой бороной; В – культиватором; Г – плугом;
 Д – плугом с предплужником; Е – культиватором-растениепитателем

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

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

- ❖ наблюдается растянутость прохождения фаз развития растений;
- ❖ биологическая и хозяйственная зрелость растений наступает неодновременно, сопровождается потерями урожая. Невыравненность по размеру и массе продукции усложняет ее переработку, снижается качество конечной продукции;

- ❖ отмечается полосная засоренность и полегание хлебов;

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

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

Под локальным внесением удобрений имеется в виду размещение их небольшой дозы (10-15 кг д.в. на гектар) в непосредственной близости от семян, клубней или сплошными лентами под рядами растений (или сбоку), или гнездами под каждым растением – рядковое внесение (рис. б), при этом семена от удобрений отделяются прослойкой почвы. Такой способ внесения удобен тем, что молодые проростки растений, весьма чувствительные к повышенной концентрации солей в почвенном растворе, защищены прослойкой почвы, которая предохраняет их от непосредственного соприкосновения с образовавшейся повышенной концентрацией.

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

Удобрения с семенами не контактируют, они разделены прослойкой почвы. Глубину внесения припосевного ленточного удобрения устанавливают с учетом почвенно-климатических условий. В зоне достаточного увлажнения на суглинистых почвах ленты удобрений располагают на глубине около 3 см ниже уровня размещения се-

мян, на песчаных и супесчаных почвах подтайги и в лесостепи удобрения вносят на 3-5 см, а в засушливой степной зоне на 5-7 см глубже семян. Смещение ленты удобрения в сторону от рядка семян должно составлять 2-4 см, при узкорядном посеве зерновых (с междурядьями 6-8 см) ленты удобрений размещают посередине междурядья.

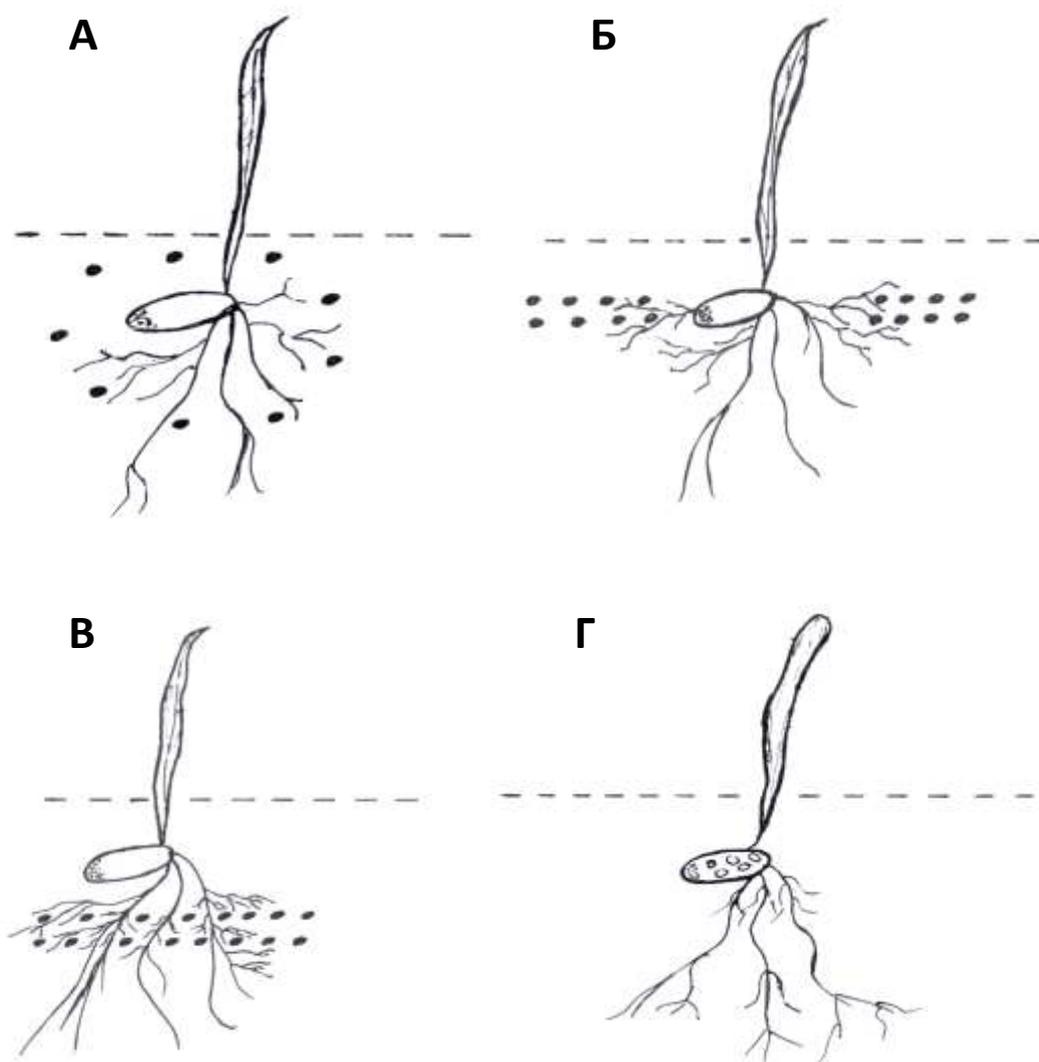


Рисунок 6 – Способы рядкового внесения удобрений:

А – удобрения контактируют с семенами; Б – удобрения изолированы от семян;

В – размещение удобрений на 2-4 см ниже семени и сбоку от него;

Г – инкрустация семян микроэлементами

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

Локализация удобрений ускоряет появление вторичных корней у зерновых культур. Корни, находящиеся в зоне концентрации элементов питания, обеспечивают интенсивное поглощение фосфора (до 80 % от общего количества) и быстрый его метаболизм. Другие корни, не подвергаясь воздействию высоких осмотических сил, в основном поглощают влагу, обеспечивая растениям засухоустойчивость. Происходит специализация отдельных зон корневой системы, и она имеет особое значение для скороспелых сортов.

Потребление влаги при локализации удобрений снижается на 10-15 %, эффективность удобрений меньше зависит от погодных условий, а это особенно важно в земледельческих зонах, где в период всходы → кущение наблюдается засушливость.

Удобрения, внесенные близко к корням молодого растения, позволяют последнему быстро пойти в рост. Это важно для того, чтобы посеы достигли такой фазы роста, когда им менее угрожают вредители или болезни, когда они более успешно могут соревноваться с сорняками. Преимущество местного внесения по сравнению со сплошным состоит в том, что:

- ❖ снижается связывание подвижного фосфора почвой в результате сокращения поверхности соприкосновения гранул с почвой;

- ❖ располагаясь на определенном оптимальном расстоянии относительно корней, оно лучше используется ими и оказывается значительно эффективнее;

- ❖ локализация микроудобрения путем предпосевной обработки семян растворами борной кислоты, молибденовокислого аммония, медного купороса, кроме физиологического значения, позволяет упростить, удешевить их применение.

Классификация приемов локального внесения удобрений

Известны разнообразные модификации локального внесения удобрений. Они различаются *назначением* вносимого удобрения (основное, стартовое и подкормка), *сроком его применения* (до посева, одновременно с ним или после посева) и параметрами его размещения в почве, т.е. *формой и взаимным расположением очагов удобрений* (экраном – сплошным слоем, непрерывными или пунктирными лентами, разрозненными гнездами).

Локальное внесение основного удобрения обычно проводят до посева или одновременно с ним. Основное удобрение, вносимое од-

новременно с посевом зерновых культур, высевают в общий рядок с семенами или размещают в почве лентой сбоку и ниже рядка семян.

Первый способ требует ограничения дозы удобрения, так как размещение большого количества растворимых солей в контакте с семенами может снизить их всхожесть, особенно при недостаточной влажности почвы.

Второй способ более универсален и эффективнее первого, так как он исключает отрицательное действие высокой солевой концентрации на семена и проростки, обеспечивает благоприятные условия для роста корней в ленте удобрений.

Для внесения основного удобрения в общий рядок с семенами используют зернотуковые сеялки СЗ-3,6; СЗУ-3,6; СЗП-3,6.

В настоящее время в сельском хозяйстве Красноярского края большое применение находят пневматические централизованные высевающие системы (ПЦВС), которые обеспечивают снижение металлоемкости и повышение производительности. Это универсальные посевные комплексы с одновременным внесением гранулированных удобрений: AGRATOR DK, AGRATOR-ANCER, Сеялка CaseIH (FlexiCoil) Flex HoeATX400 39FT (12 м) + Пневмобункер Precision Air 2230, Кузбасс, Kerneland Accord Insider-12-6000; широкозахватный посевной комплекс Horsch, Horsch Pronto 6 DC, ТОМЬ-10, JOHN-DEERE-1830/1835.

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

При узкорядном и перекрестном севе допускается увеличение указанных доз в 1,5-2 раза, если обеспечивается равномерное распределение удобрений между всеми рядками семян. Вместо тукосмесей целесообразно использовать гранулированные комплексные удобрения (нитрофос, нитрофоску, нитроаммофоску), которые более качественно высеваются туковыми аппаратами сеялки.

Оптимальные условия для появления всходов, минерального питания и развития зерновых культур обеспечиваются размещением лент основного удобрения на 2-4 см в сторону от рядка семян на глубину, устанавливаемую с учетом почвенно-климатических условий.

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

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

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

Стартовое удобрение, соответственно его назначению, применяют небольшими дозами (до 20 кг N, P₂O₅, K₂O на 1 га) и размещают в почве в непосредственном контакте с семенами или на расстоянии не более 2-3 см от них. Используемые для этого удобрения должны быть хорошо растворимыми в воде и легкоусвояемыми для растений.

Потребность молодых растений в фосфоре преобладает над потребностью в азоте. Поэтому в составе стартового удобрения решающее значение имеет фосфор. Азот и калий включают в стартовое удобрение только в тех случаях, когда почвенные запасы этих элементов недостаточны, а основное удобрение не применялось или внесено разбросным способом с заделкой на большую глубину и позиционно недоступно слаборазвитым корням молодых растений.

Стартовое удобрение, содержащее азотные и калийные соли или повышенные дозы фосфатов, необходимо отделять от семян небольшой (2-3 см) почвенной прослойкой. Это обеспечивается комбинированными сошниками кукурузных, свекловичных сеялок.

Подкормку проводят в период вегетации растений. При этом удобрения вносят вразброс (поверхностная подкормка) или локально (прикорневая подкормка). Подкормка вегетирующих растений *прикорневым способом* широко применяется на всех пропашных и озимых зерновых культурах. Прикорневую подкормку озимых зерновых культур проводят весной после схода снежного покрова и подсыхания почвы до состояния, допускающего работу тракторных агрегатов без существенного повреждения посевов и поверхности почвы (рис. 7).

Прикорневая подкормка озимых культур может выполняться зернотуковыми сеялками всех марок, оснащенными дисковыми сошниками. Лучшую заделку удобрений обеспечивают однодисковые сошники сеялки СЗО-3,6.

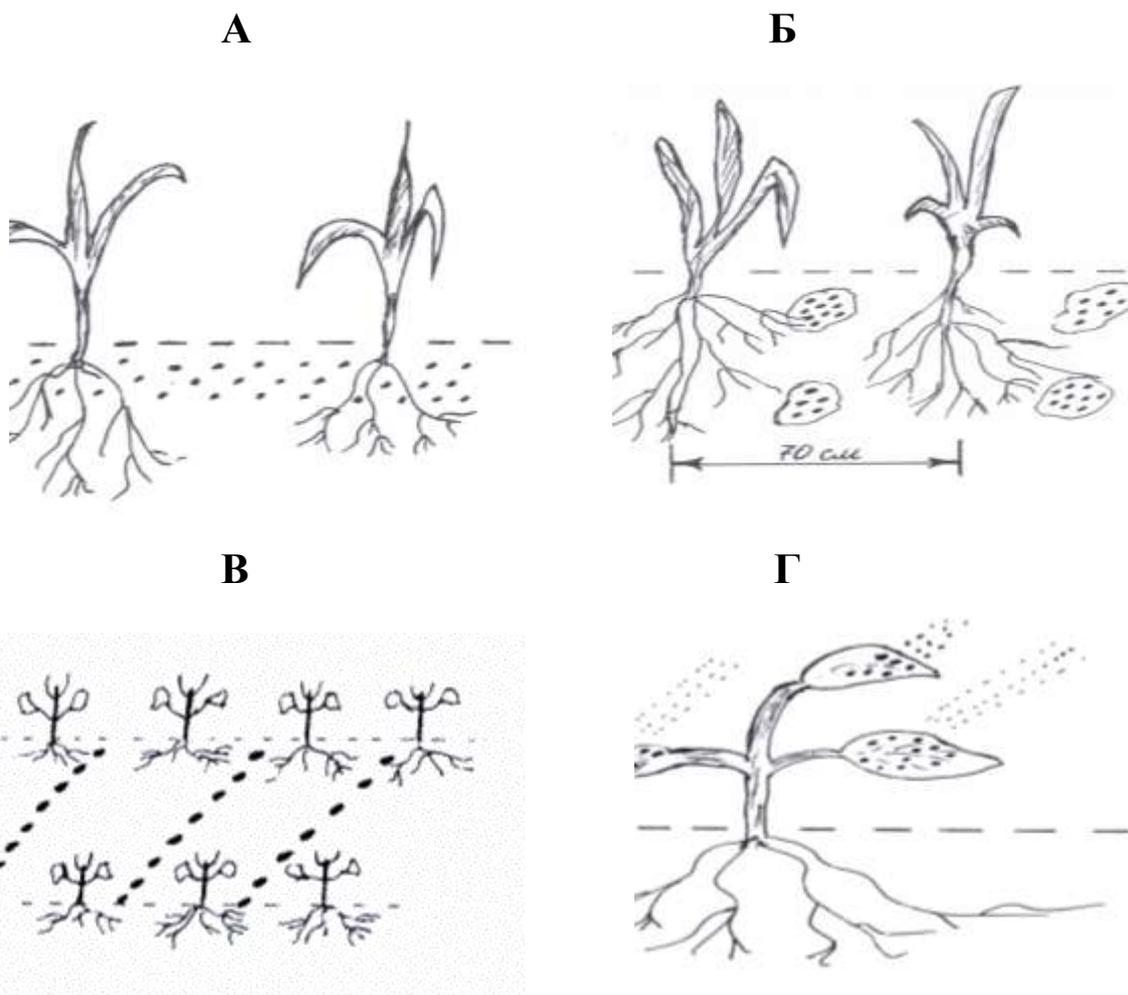


Рисунок 7 – Способы внесения подкормок:

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

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

Некорневая (листовая) подкормка макроудобрениями ранее была распространена на зерновых культурах для повышения качества белка при концентрации удобрения в растворе не выше 10-15 % и норме расхода жидкости 200-300 л/га. В настоящее время этот вид подкормки входит в сельскохозяйственную практику в расширенном виде и используется не только как азотная подкормка, но и рассматривается как способ повышения урожайности. Важно помнить, что путем обработки листа раствором невозможно дать ту дозу элементов питания, которая необходима для построения определенного количе-

ства урожая. Самое подходящее для этого удобрение – мочевина. Учитывая, что по сути эта форма удобрения – органическое вещество, концентрацию раствора для обработки вегетирующих растений можно увеличить вдвое и довести до 20 %.

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

Технология применения минеральных удобрений

Транспортировка и внесение удобрений.

Агротехнические требования

При внесении твердых минеральных удобрений особое внимание уделяют правильной организации и полной механизации работ, соблюдению сроков и доз внесения удобрений.

Вносить удобрения необходимо в агротехнические сроки, соблюдать установленные дозы высева, равномерно распределять удобрения в почве или на поверхности поля. Неравномерность распределения при поверхностном внесении удобрений по всей площади поля не должна превышать 25 % для кузовных машин и 15 % – для туковых сеялок.

Не допускаются разрывы между смежными проходами машин и необработанные участки поля.

Перекрытие в стыковых проходах должно составлять 5 % от ширины захвата агрегата.

Поворотные полосы засевают удобрениями с той же дозой высева, что и основное поле.

Влажность вносимых минеральных удобрений должна обеспечивать нормальную работу дозирующих устройств. Максимальное отклонение влажности от стандартной – не более 2 %.

Выбор технологических схем

В зависимости от наличия машин, расстояния доставки удобрений в поле, дозы внесения и других факторов используют следующие технологические схемы работы агрегатов: *прямоточная, перегрузочная и перевалочная* (табл. 48).

Прямоточная технология предусматривает внесение удобрений по схеме «склад – машина для внесения – поле».

Приготовленные на складе к внесению удобрения загружают погрузчиком в кузов разбрасывателя, который доставляет их в поле и распределяет по поверхности удобряемого участка. Туки транспортируют и разбрасывают одним и тем же агрегатом. Это снижает потери удобрений и простои агрегата по организационным причинам, кроме того, отпадает необходимость в дополнительных погрузочных и транспортных средствах.

По перегрузочной схеме «склад – транспортировщик – перегрузчик – машина для внесения – поле» удобрения, подготовленные к внесению на складе, загружают погрузчиком в транспортно-перегрузочные средства, доставляют их в поле и затем перегружают в кузов машины для внесения. Машина при этом работает только на внесении, благодаря чему резко повышается производительность агрегата. Для доставки удобрений в поле и перегрузки их в кузовные разбрасыватели применяют специальные автопогрузчики, а также автомобили-самосвалы с предварительным подъемом кузова. Вносить удобрения по перегрузочной технологии можно с использованием обычных автосамосвалов при наличии в поле передвижной эстакады.

Перевалочная технология предусматривает внесение удобрений по схеме «склад – автосамосвал – перегрузочная площадка – машина для внесения – поле». Минеральные удобрения загружают на складе погрузчиками в автомобили-самосвалы или тракторные прицепы самосвальные, которые доставляют туки в поле и разгружают их на краю удобряемого участка на специально подготовленную площадку. Из куч удобрения погружают тракторным погрузчиком в машины для внесения, которые работают только на этом процессе.

Перевалочная технология позволяет провести часть работ по доставке удобрений в поле до агротехнических сроков их внесения, но требует дополнительных транспортных и погрузочных средств.

Таблица 48 – Основные операции и комплексы машин, применяемые при различных технологических схемах внесения минеральных удобрений

Схема внесения удобрений	Операция	Машины и оборудование
Прямоточная	Загрузка на складах. Транспортировка и внесение	Погрузчики ПФ-0,75, ПФП-1,2, ПЭ-0,85. Машины 1 РМГ-4, НРУ-0,5, РУМ-8, КСА-3 AMAZONE: ZA-M серии 2-AM или ZC-B7001; BOQBALLE: M1 или DZ; BREDAL: K-45 или K-105, или комбинированные агрегаты с пневмоподачей туков: СУ-900. Погрузчики ПФ-0,75, ПЭ-0,85, ПФП-1,2
Перегрузочная	Загрузка на складах. Транспортировка и перегрузка в машины для внесения. Внесение	Транспортные перегрузочные средства СА3-3502, ЗАУ-3 (УЗСА-40). Машины РУМ-8, 1 РМГ-4, РТТ-4,2, НРУ-0,5 РУ-1600, РУ-7000А, МТТ-4У; AMAZONE: ZA-M серии 2-AM или ZC-B7001; BOQBALLE: M1 или DZ; BREDAL: K-45 или K-105, или комбинированные агрегаты с пневмоподачей туков: СУ-900
Перевалочная	Загрузка на складах. Транспортировка и выгрузка удобрений в кучи. Загрузка машин для внесения. Внесение	Погрузчики ПФ-0,75, ПФП-1,2, ПЭ-0,85. Автомобили-самосвалы и тракторные самосвальные прицепы общего назначения. Погрузчики ПФ-0,75, ПЭ-0,85, ПФП-1,2, ЗАУ-3 (УЗСА-40). Машины РУМ-8, 1 РМГ-4, РТТ-4,2, НРУ-0,5, РУ-1600, РУ-7000А, МТТ-4У

Прямоточная и перегрузочная технологические схемы работ машин наиболее экономически выгодные и обеспечивают полную механизацию работ.

Прямоточная схема может быть рекомендована при работе кузовных машин для внесения, если места хранения удобрений расположены в пределах эффективного радиуса их использования (табл. 49).

Таблица 49 – Предельные радиусы перевозки минеральных удобрений кузовными машинами при внесении их по прямоточной технологии (площадь обрабатываемого поля 30 га), км

Доза внесения удобрений, т/га	1 РМГ-4	РУМ-8	КСА-3
0,1	28,0	45,0	61,1
0,2	14,0	22,0	44,7
0,3	10,0	14,0	30,4
0,4	7,6	11,0	25,1
0,5	6,5	8,0	19,3
0,6	5,5	6,1	18,8
0,7	5,0	6,0	17,0
0,8	4,9	5,0	16,2
0,9	4,5	4,9	14,3
1,0	4,0	4,0	13,7

При больших радиусах применяют перегрузочную и перевалочную схемы. Перевалочную технологическую схему применяют при отсутствии специальных перегрузочных средств типа САЗ-3502, эстакад, УЗСА-40.

Внесение удобрений. Подготовка поля

1. Поле освобождают от препятствий, мешающих нормальной работе агрегатов. Неустранимые и малозаметные препятствия (глубокие ямы, канавы, овраги) ограждают или отмечают предупредительными знаками и об этом заранее сообщают трактористу.

2. Перед началом работ выбирают целесообразную схему работы машин и устанавливают наиболее выгодное направление рабочих ходов агрегатов, учитывая состояние поверхности почвы. Движение агрегата должно совпадать с направлением предшествующей вспашки или движением уборочных машин.

3. При выбранном направлении движения агрегата на поле отмечают поворотные полосы и провешивают линию первого прохода. Ширину поворотной полосы выбирают в зависимости от состава агрегата и способа движения. В тех случаях, когда повороты агрегата можно делать за пределами поля, поворотные полосы не отбивают.

4. При выборе длины гона учитывают, что машины для внесения минеральных удобрений относятся к группе машин с ограниченным запасом рабочего хода, так как их емкости требуют периодической загрузки. Наилучшие условия для работы агрегатов создаются, когда запас рабочего хода (длина пути, проходимого агрегатом в рабочем положении между двумя очередными загрузками) достаточен на движение агрегата до конца гона и обратно. Запас рабочего хода агрегата зависит от дозы внесения удобрений рабочей ширины разбрасывания.

5. Для каждого из указанных случаев, в зависимости от технологической схемы работы машин, существуют свои наиболее целесообразные варианты разбивки поля.

6. При подготовке поля для работы по прямоточной технологии руководствуются общими требованиями. Кроме того, при разметке поля, у которого длина гона примерно равна запасу рабочего хода, учитывают состояние подъездных путей и расположение поля относительно места заправки. Если место заправки находится в направлении движения агрегата, то поле разбивают на два участка и обрабатывают сначала один участок, а затем другой. При этом длина участка должна составлять половину запаса рабочего хода. Если место заправки расположено в направлении, перпендикулярном движению агрегатов, и имеются подъездные пути к обоим концам поля, то его на участки не разбивают, а агрегат заезжает на поле с одного из его концов, движется до противоположного конца, затем подъезжает к месту заправки, и процесс повторяется. В этом случае длина обрабатываемого участка должна быть равной запасу рабочего хода агрегата.

7. При работе разбрасывателей по перегрузочной схеме с использованием перегрузчиков типа САЗ-3502 подготовка поля и выбор способов движения агрегатов зависят не только от соотношения длины гона и пути разбрасывания, но и от способности перегрузчиков передвигаться по полю. Если перегрузчики могут свободно проходить по полю, его размечают, руководствуясь общими требованиями к разметке полей, а агрегаты направляют в различных местах.

Если движение перегрузчиков по полю затруднено, то агрегаты заправляют на границах поля, а само поле размечают в соответствии с требованиями по подготовке полей для прямоточного способа работы исходя из соотношения длины гона к запасу рабочего хода агрегата.

8. При работе машин по перевалочной технологической схеме руководствуются общими требованиями к разметке полей, учитывая соотношение длины гона к запасу рабочего хода и место расположения заправки, как и по прямоточной схеме.

Работа агрегатов на загоне

1. Перед началом работы агрегат переводят из транспортного положения в рабочее. При необходимости опускают ветрозащитное устройство до горизонтального положения и располагают агрегат на поворотной полосе по линии первого прохода, обозначенной вешками. Включают разбрасывающие рабочие органы.

2. Выбор способа движения агрегатов зависит от размера поля и эксплуатационных данных машин, входящих в состав агрегата. Основной способ движения односеялочных агрегатов, кузовных и навесных центробежных машин – челночный. Вследствие большой рабочей ширины захвата центробежных машин трактористу трудно выполнить следующий проход агрегата, обеспечив при этом нужное перекрытие. Зная рабочую ширину захвата машины при внесении данного вида удобрений, тракторист ведет агрегат в стороне от следа колес предшествующего прохода на расстоянии, равном половине ширины захвата.

3. На полях с малой длиной гона, а также при работе широкозахватных агрегатов (трех-, четырех- и пятисеялочных) целесообразен загонный способ движения как наиболее выгодный. В этом случае сокращается ширина поворотной полосы по сравнению с челночным способом примерно на 30-40 %.

4. В процессе работы агрегат необходимо вести прямолинейно с перекрытием предыдущего прохода и сохранением постоянного интервала между смежными проходами. Скорость движения агрегата при внесении удобрений машиной РУМ-8 должна быть постоянной и соответствовать той, при которой проводилась регулировка на дозу внесения.

5. При работе с машинами 1 РМГ-4 и КСА-3 допускается маневрирование скоростями.

Контроль и оценка качества

Контроль и оценку качества работ по внесению минеральных удобрений проводят при настройке агрегатов периодически в процессе выполнения работы, а также при приемке-сдаче после окончания работ. Оценка качества внесения удобрений приведена в таблице 50.

Таблица 50 – Оценка качества внесения удобрений

Показатель	Способ замера	Градация нормативов	Балл
Отклонение от дозы внесения, %	Включают подающий механизм для заполнения высевной щели. После этого подстилают или подвешивают брезент и в течение 1 минуты машину прокручивают. Высеянные удобрения взвешивают. Операцию повторяют не менее трех раз	До ± 5	3
		До 10	2
		Более 10	0
Неравномерность высева удобрений, %	Противни расставляют на ширину рабочего захвата агрегата. Удобрения, собранные с каждого противня, взвешивают, и результаты заносят в ведомость. Операцию повторяют не менее трех раз.	До 10	3
		До 25	2
		Более 25	1
Перекрытие стыковых проходов, % от ширины захвата	Не менее трех раз вешкой отмечают ширину первого прохода, замером определяют ширину второго прохода	До 3	3
		До 5	2
		Более 5	0

Комиссия проверяет объем и качество выполненных работ и составляет акт.

Технологии внесения жидких удобрений

Выбор наиболее рациональных технологий внесения жидких удобрений является важным фактором, определяющим эффективность их использования, доступность питательных веществ для корневых систем растений, оптимальную дозировку, номенклатуру используемых технических средств.

Применяемые в настоящее время технологии внесения жидких удобрений различаются по способу внесения удобрений, удаленности полей и технологическим схемам его выполнения [Соловьева, 2010].

В зависимости от способа выполнения основной технологической операции – внесения различают поверхностное и внутрипочвенное распределение жидких удобрений.

Поверхностное сплошное внесение осуществляется с помощью штанговых опрыскивателей или специализированных машин.

Из жидких азотных удобрений для поверхностного внесения пригодны растворы, применяемые при обычном давлении (ЖКУ, КАС, аммиакаты). Они могут разбрызгиваться по поверхности почвы или (при точном учете их концентрации, а также стадии развития растений) даже на посевах. Поверхностным способом нельзя вносить жидкий и водный аммиак.

Поверхностный способ является наименее эффективным и экономичным, так как машины неравномерно распределяют удобрения по участку поля, в результате чего может произойти неравномерный рост и созревание растений и связанная с этим пестрота урожая, снижение его качества. Наряду с этим при сплошном поверхностном внесении минеральных азотных и жидких органических удобрений происходят значительные потери азота из-за вымывания, денитрификации и освобождения газообразного аммиака (до 15-40 %).

Более рационально *поверхностное локальное* внесение удобрений – их распределяют по поверхности почвы концентрированными очагами, преимущественно в виде лент различной ширины, после чего заделывают в почву различными почвообрабатывающими орудиями. Наиболее рациональным и экологически безопасным способом внесения жидких удобрений является *локальный внутрипочвенный*. В соответствии с агротехническими требованиями при его использовании фактическая средняя доза удобрения должна отличаться от заданной не более чем на $\pm 10\%$.

Поверхностное внесение жидких минеральных удобрений (КАС, ЖКУ, водный аммиак) может осуществляться по прямоточной, перевалочной и перегрузочной технологиям (рис. 8).

Для внутрипочвенного (локального) внесения таких удобрений используют перегрузочную и перевалочную технологические схемы. При *прямоточной* схеме ЖМУ на центральном складе удобрений загружают в машину для их внесения, транспортируют до обрабатываемого поля и вносят на поверхность почвы или внутрипочвенно. Ее целесообразно использовать, когда расстояние от склада до поля не превышает 3-4 км при поверхностном и 5-10 км при внутрипочвенном внесении удобрений.

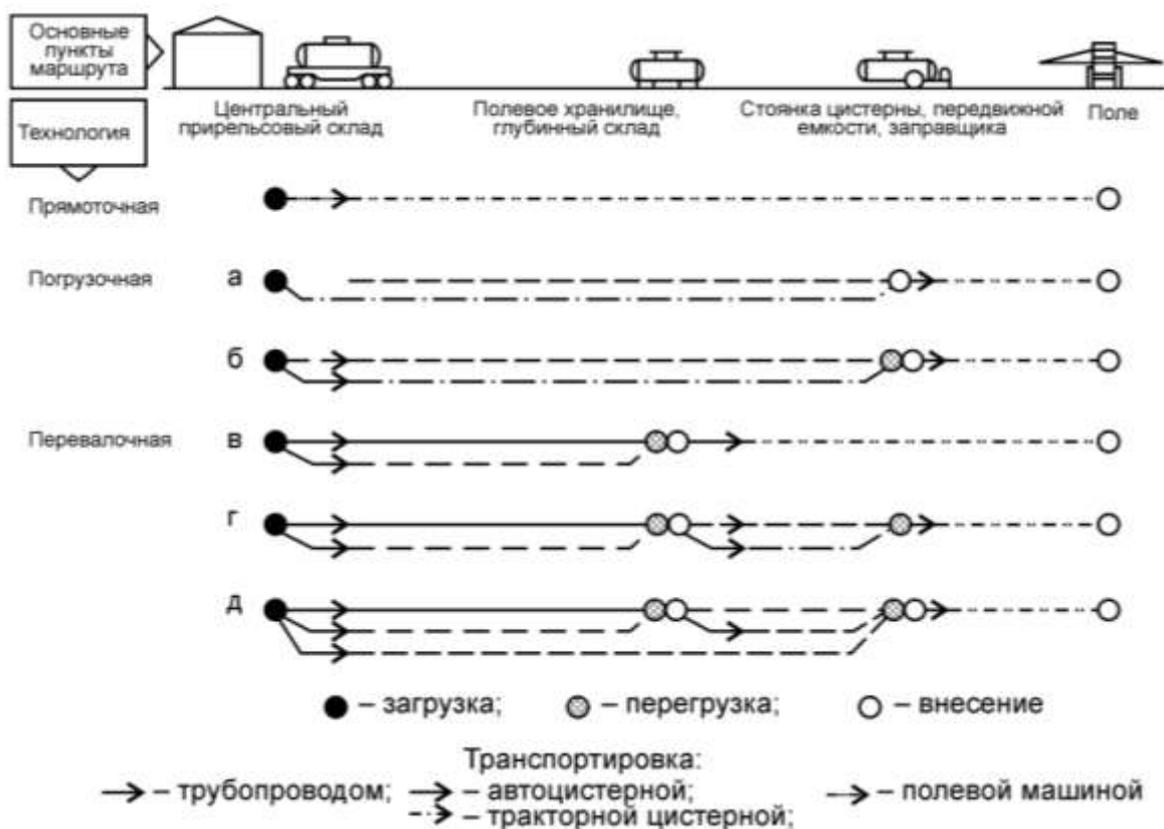


Рисунок 8 – Технологическая схема транспортировки и внесения ЖКУ и КАС

Перегрузочная схема. Жидкие удобрения после доставки на поле перегружают из транспортной емкости в машины для внесения ЖМУ. Рекомендуется применять при расстоянии от склада до поля 10-15 км.

Перевалочная схема. ЖМУ, доставляемые из центрального склада, большегрузными транспортными средствами или по трубопроводу перегружают в стационарное или передвижное полевое хранилище. Машины для внесения ЖМУ заправляются самостоятельно или с помощью промежуточного перегрузчика (заправщика). Перевалочную технологию целесообразно применять на больших площадях, так как на малых участках нужно часто передвигать емкости с одного поля на другое.

Для жидкого аммиака, в связи с особенностями его физико-химических свойств, наиболее экономически выгодной считается работа по схеме «завод – автоцистерна – поле». Однако работа по этой схеме требует более четкой организации труда как по доставке, так и по внесению удобрений. Она применяется при радиусе транспортировки удобрений не более 40 км. При увеличении зоны обслуживания от 40 до 100 км используют схему с глубинным складом «завод – автоцистерна – глубинный склад – тракторная цистерна – поле».

Однако большинство потребителей удалены от заводов-поставщиков на расстояние более 100 км, что повышает оптимальные радиусы автомобильных перевозок, поэтому основной объем работ выполняют по схемам:

завод – железнодорожная цистерна – прирельсовый склад – тракторная цистерна (автоцистерна) – поле;

завод – железнодорожная цистерна – прирельсовый склад – автоцистерна – глубинный склад – тракторная цистерна поле.

Технические средства для внесения жидких удобрений

Конструкция технических средств для внесения жидких минеральных удобрений зависит от их вида, способов агрегатирования и внесения удобрений относительно поверхности почвы.

Для поверхностного внесения ЖМУ могут использоваться самоходные, прицепные и навесные штанговые опрыскиватели, специализированные самоходные и прицепные машины.

С учетом современных требований сельскохозяйственного производства для сплошного поверхностного внесения ЖМУ используют самоходные опрыскиватели на базе вездеходов или универсальных энергетических средств (САХ-2, САХ-3, САХ-6, ОПШ-0,5, «Рубин-4», «Варяг», «Ботаник»), оснащенных шинами сверхнизкого давления, что позволяет существенно снизить уплотнение пахотного слоя почвы и расход топлива, обеспечить возможность высокопроизводительной работы на более ранних стадиях роста сельскохозяйственных культур.

Внутрипочвенное внесение ЖМУ совмещается с операциями по основной обработке почвы или с посевом сельскохозяйственных культур. В связи с этим агрегаты для внесения ЖМУ состоят из емкости для жидких удобрений, посевного или почвообрабатывающего агрегата и специального подкормочного приспособления. Среди последних моделей машин следует отметить подкормщик ПТ-480, культиватор КЛ-4,2 с оборудованием для ленточного внесения жидких удобрений, удобрительные комплексы УКМТ к комбинированным посевным агрегатам «Дончанка», подкормщики жидкими удобрениями серии ПЖУ ООО «Агрохиммаш».

Для реализации технологии ленточного внесения жидкого безводного аммиака предлагается использовать комбинированные агрегаты серии Dalton, Hardi Master VHY/Z, Hardi Commander Classic,

отвечающие современным требованиям по щадящей обработке почвы, оснащенные инжекторами для внесения аммиака, регуляторами-дозаторами, датчиками расхода безводного аммиака и датчиком скорости.

Содержание задания

1. Рассчитайте агрономическую эффективность применения органических и минеральных удобрений в севооборотах. Агрономическая эффективность применения удобрений за ротацию севооборота показывает окупаемость 1 кг действующего вещества удобрений прибавкой урожая в зерновых эквивалентах. Она рассчитывается по формуле

$$O_y = P_y / \Sigma \text{NPK},$$

где O_y – окупаемость урожая, кг зерновых единиц на 1 кг действующего вещества удобрений;

P_y – суммарная прибавка урожая сельскохозяйственных культур за севооборот в зерновых единицах, кг;

ΣNPK – сумма питательных веществ органических и минеральных удобрений за севооборот, кг.

2. Для выявления эффекта от применения удобрений сопоставьте стоимость полученной продукции с затратами на ее производство при использовании удобрений и без них.

При определении стоимости продукции учитывают количество основной продукции (зерно, клубни, корнеплоды, сено, льноволокно, льносемена) и побочной (солома, мякина, ботва и т.д.). Обязательно учитывается качество продукции – содержание белка и клейковины в зерне, сахаристость сахарной свеклы, содержание крахмала и товарность клубней картофеля, стандартность овощей и т.п.

Продукция, которая получена за счет удобрений, оценивается по ценам фактической реализации. Урожай кормовых культур и побочной продукции (например, соломы) оценивается через стоимость 1 ц кормовых единиц, которая приравнивается к цене 1 ц овса.

Расчет экономической эффективности использования удобрений в севообороте (табл. 51) производится в среднем на 1 гектар.

Таблица 51 – Экономическая эффективность применения удобрений в севообороте на 1 гектар

№ п/п	Показатель	Числовой результат
1	Прибавка урожая, т	
2	Стоимость 1 т зерна, тыс. руб.	
3	Стоимость минеральных удобрений, тыс. руб.: азотные _____ фосфорные _____ калийные _____ комплексные _____	
4	Затраты на транспортировку, погрузо-разгрузочные работы, хранение и внесение минеральных удобрений, тыс. руб.	
5	Стоимость хранения и внесения _____ т навоза, тыс. руб.	
6	Итого затрат по применению удобрений, тыс. руб. (п.3+п.4+п.5)	
7	Затраты на уборку дополнительного урожая, тыс. руб.	
8	Всего затрат, тыс. руб. (п.6+п.7)	
9	Чистый доход, тыс. руб. (п.2-п.8)	
10	Рентабельность, % ($i.9 / i.8 \cdot 100$)	

Закупочные цены на сельскохозяйственную продукцию, стоимость удобрений и затрат на их применение берутся по последним данным на момент расчетов из-за высокой динамичности цен на внутреннем рынке.

Чистый доход равен разности между стоимостью прибавки урожая и суммой затрат на приобретение и применение удобрений, а также уборку дополнительной продукции.

Рентабельность – частное от деления чистого дохода на все затраты, умноженное на 100 для перевода показателя в проценты.

3. Проведите сравнительный анализ полученных данных.

4. Подготовьте к семинару доклад и презентацию разработанных «технологических карт» системы применения удобрений.

ИТОГОВЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Категории почвенного плодородия:
 - а) активное;
 - б) эффективное;
 - в) потенциальное;
 - г) реальное.
2. Уровень эффективного плодородия определяется:
 - а) количеством биоты, населяющим почву;
 - б) урожайностью растений;
 - в) количеством внесенных удобрений;
 - г) содержанием питательных элементов.
3. Уровень потенциального плодородия определяется:
 - а) урожайностью растений;
 - б) запасами необходимых питательных веществ, агрофизическими и агрохимическими свойствами почв;
 - в) запасами гумуса;
 - г) мелиоративными приемами, направленными на улучшение свойств почвы.
4. Плодородие, созданное человеком, называется:
 - а) актуальное;
 - б) эффективное;
 - в) искусственное;
 - г) пассивное.
5. Факторы, снижающие плодородие почв в таежной зоне:
 - а) низкая температура воздуха;
 - б) большое количество осадков;
 - в) почвообразующие породы;
 - г) древесная растительность.
6. Элемент питания, определяющий рост вегетативной массы растений:
 - а) фосфор;
 - б) сера;
 - в) азот;
 - г) калий.
7. Категория плодородия, формирующаяся в результате природного почвообразовательного процесса:
 - а) эффективное;
 - б) потенциальное;

- в) естественное;
- г) искусственное.

8. Фактор, лимитирующий почвенное плодородие, не имеющий антропогенную природу:

- а) переуплотненные почвы;
- б) вторичное засоление;
- в) реакция среды;
- г) дегумификация почвы.

9. Наиболее опасная форма почвоутомления:

- а) лессиваж;
- б) дефляция;
- в) оглеение;
- г) аллелопатия.

10. Плодородие почв проявляется в форме:

- а) продуктивности растений;
- б) себестоимости продукции;
- в) противоэрозийной устойчивости;
- г) структурной организации.

11. Элемент питания, эффективно влияющий на засухо- и морозоустойчивость растений:

- а) кальций;
- б) магний;
- в) калий;
- г) азот.

12. Почвы, значительно изменяющиеся в процессе окультуривания:

- а) черноземы;
- б) подзолистые;
- в) темно-каштановые;
- г) темно-серые лесные.

13. Прием улучшения гумусного состояния черноземов в лесостепи:

- а) фосфорные удобрения;
- б) противоэрозийная обработка;
- в) чистые пары;
- г) пропашные культуры.

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

- а) эрозионные процессы;

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

15. В триаде И.Л. Герасимова «факторы → → свойства» отсутствует компонент:

- а) морфология;
- б) состав;
- в) процессы;
- г) геометрия.

16. Свойства почвы, определяющие уровень обеспеченности растений кислородом:

- а) влагоемкость;
- б) структура;
- в) буферность;
- г) теплопроводность.

17. Основной прием воспроизводства плодородия в земледелии:

- а) вспашка;
- б) генезис;
- в) бонитировка;
- г) севооборот.

18. Назовите органические удобрения на основе отходов животноводства:

- а) подстилочный навоз;
- б) бесподстилочный навоз;
- в) птичий помет;
- г) торф;
- д) сапропель.

19. Назовите органические удобрения на основе природного органического сырья:

- а) сапропель;
- б) солома;
- в) навоз;
- г) торф.

20. Укажите органические удобрения на основе продукции растениеводства:

- а) торф;
- б) солома;
- в) ботва;
- г) компост.

21. Биологически активный компонент для компостирования:
- а) кора;
 - б) лигнин;
 - в) фекалии.
22. Инертный компонент для компостирования:
- а) солома;
 - б) птичий помет;
 - в) навоз.
23. Смешивание навоза с фосфоритной мукой:
- а) усиливает разложение навоза;
 - б) переводит фосфор в доступное состояние;
 - в) увеличивает количество питательных веществ.
24. Смешивание торфа с известью:
- а) снижает кислотность;
 - б) увеличивает качество извести;
 - в) повышает кислотность торфа.
25. Смешивание лигнина с фосфоритной мукой приводит:
- а) к растворению фосфора;
 - б) химическому поглощению;
 - в) осаждению.
26. Для подстилки скота используется торф:
- а) верховой;
 - б) переходный;
 - в) низинный;
 - г) луговой.
27. Сырье, содержащее много отмерших водорослей:
- а) цеолит;
 - б) вермикомпост;
 - в) сапропель;
 - г) бентонит.
28. Способ хранения навоза, при котором обеспечивается наибольшее сохранение азота и органического вещества:
- а) горячий (рыхлый);
 - б) холодный (плотный);
 - в) рыхло-плотный.
29. Удобрения, внесение которых под корнеплоды свеклу и морковь может привести к разветвлению и ухудшению формы корнеплодов:
- а) полуперепревший навоз;
 - б) комплексные удобрения;

в) слабопрепревший навоз;

г) перегной.

30. Напишите примерную систему удобрения для следующих севооборотов:

пар	люцерна	овес + горох
озимая рожь	люцерна	пшеница
горох	люцерна	кормовые корнеплоды
овес	пшеница	пшеница

31. Удобрения располагаются в почве широкой лентой при заделке следующим оборудованием:

а) СЗС-2,1;

б) СЗП-3,6;

в) КРН-4,2;

г) ГУН-8.

32. В качестве припосевного удобрения лучше вносить:

а) мочевины;

б) хлористый калий;

в) аммиачную селитру;

г) суперфосфат.

33. Укажите лучший срок подкормки белокочанной капусты калийными удобрениями:

а) всходы;

б) образование розетки листьев;

в) интенсивный рост кочана;

г) при высадке рассады.

34. Поздние некорневые подкормки раствором мочевины приносят:

а) для повышения сахаристости свеклы;

б) повышения белковости зерна пшеницы;

в) повышения урожаев овощных и бахчевых культур.

35. Укажите лучший срок и способ внесения азотных туков при удобрении сенокосов:

а) рано весной вразброс по поверхности почвы;

б) перед первым укосом вразброс;

в) перед вторым укосом локально;

г) осенью, после второго укоса локально;

д) осенью, после второго укоса вразброс.

36. Период вегетации кукурузы, в который происходит поглощение азота:

- а) до созревания;
- б) до выметывания метелки;
- в) от всходов до кущения;
- г) во второй половине вегетации.

37. Период вегетации, в который картофель наиболее требователен к азоту:

- а) до цветения;
- б) после цветения;
- в) во время всходов;
- г) в период созревания.

38. Основное удобрение рассчитано на его использование:

- а) в первый период жизни;
- б) критический период жизни;
- в) период созревания;
- г) течение всего периода вегетации.

39. Период вегетации озимой ржи, на который приходится максимум потребления питательных веществ:

- а) фаза всходов;
- б) фаза кущения и выхода в трубку;
- в) фаза налива зерна;
- г) фаза молочной и восковой спелости;
- д) период налива зерна до полной спелости.

40. Период вегетации, в который капуста наиболее требовательна к азоту:

- а) до начала завязывания кочана;
- б) в период прорастания;
- в) до всходов;
- г) во время формирования кочана.

41. Критический период у яровых зерновых в отношении калийного питания:

- а) первые 15 дней после всходов;
- б) от колошения до цветения;
- в) от молочной спелости до созревания;
- г) от кущения до выхода в трубку.

42. Культуры, наиболее чувствительные к хлорсодержащим калийным удобрениям:

- а) яровая пшеница, ячмень;

- б) картофель, табак;
- в) кукуруза подсолнечник;
- г) просо, овес;
- д) люцерна, клевер.

43. Период у яровых зерновых, являющийся критическим в отношении фосфорного питания:

- а) первые 15 дней после всходов;
- б) 25-40 дней после всходов;
- в) фаза цветения;
- г) фаза колошения.

44. Фаза развития подсолнечника, в которую используется около 70 % фосфора и калия:

- а) в фазу цветения;
- б) в фазы формирования и налива семян;
- в) в фазе активного роста;
- г) от фазы всходов до цветения.

45. Прием, повышающий урожайность плодов огурца на 35-40 %:

- а) подкормка азотом;
- б) внесение органических удобрений;
- в) подкормка калийными удобрениями;
- г) подкормка фосфорными удобрениями.

46. Допустимая суточная доза нитратов для человека, установленная Всемирной организацией здравоохранения (мг):

- а) 200-250;
- б) 300-350.

47. Запрещается внесение минеральных удобрений на территории первого пояса санитарной зоны охраны источников водоснабжения:

- а) в любые сроки;
- б) при непосредственной угрозе паводка.

48. Весенняя подкормка азотом озимых культур и многолетних трав проводится:

- а) до схода снега;
- б) после схода снега.

49. Допустимое отклонение фактической дозы внесения органических удобрений от заданной дозы (%):

- а) менее 5;
- б) 6-10;
- в) менее 15.

50. При недостатке удобрений более рационально применять их на почвах с плодородием:

- а) низким;
- б) средним;
- в) повышенным.

51. Допустимый интервал между распределением органических удобрений на поверхности поля и заделкой его в почву (часов):

- а) 2;
- б) 12;
- в) 24.

52. Наиболее широко используется для сидерации на почвах Сибири:

- а) донник;
- б) люпин;
- в) рапс.

53. При запашке соломы целесообразно внести удобрение:

- а) азотное;
- б) калийное.

54. На полях с запаханной соломой целесообразно разместить культуры:

- а) злаки;
- б) бобовые;
- в) крестоцветные.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На повестку дня поставлены новые задачи земле- и природоиспользования, решать которые предстоит молодому поколению специалистов. Они должны хорошо знать географическое распределение земельных и почвенных ресурсов и оценку экологических условий, определяющих их специфичность на территории Средней Сибири.

Для эффективного использования удобрений необходимо искать новые пути повышения урожайности сельскохозяйственных культур, рентабельности применения удобрений и экологической сохранности окружающей среды. Практикуемые ранее в почвоведении и агрохимическом обслуживании методы картографирования не учитывают внутрипольной гетерогенности почвенного плодородия, выявляя лишь приблизительные границы контуров, что снижает качество прогнозирования потребности доз удобрений и их агроэкономическую эффективность. Необходимо разрабатывать агротехнологии разного уровня интенсификации. Разрабатываемые в агрохимической науке проекты без учета всего комплекса агротехнологических решений не имеют практического интереса.

Принцип «знать – уметь – предсказать» – главный в работе агронома. Он позволяет по самостоятельно полученным данным агрохимического анализа почв, растений, удобрений, агроклиматических условий региона увидеть пути решения, способы повышения эффективного плодородия почв, предсказать возможность применения различных видов, доз минеральных и органических удобрений. Надеемся, что материалы учебного пособия позволят приобрести обучающимся навыки и умения, необходимые в профессиональной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимическая характеристика почв СССР. Восточная Сибирь / под ред. А.В. Соколова, Э.И. Шконде. – М.: Наука, 1969. – 261 с.
2. Агрохимическая характеристика почв СССР. Средняя Сибирь / под ред. А.В. Соколова, Н.В. Орловского. – М.: Наука, 1971. – 272 с.
3. Белоусов, А.А. Оценка азотмобилизующей способности чернозема выщелоченного при возделывании кормовых трав в Красноярской лесостепи / А.А. Белоусов, Е.Н. Белоусова, А.Т. Аветисян // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 9. – С. 172-180.
4. Белоусова, Е.Н. Влияние многолетних трав и пара на структурный состав и мобилизацию минеральных форм азота чернозема Красноярской лесостепи / Е.Н. Белоусова // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2014. – № 1 (25). – С. 7-25.
5. Белоусова, Е.Н. Лабораторный практикум по агрономической химии / Е.Н. Белоусова, О.А. Сорокина; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2015. – 248 с.
6. Белоусова, Е.Н. Трансформация азотсодержащих соединений чернозема выщелоченного в условиях минимизации обработки / Е.Н. Белоусова, А.А. Белоусов // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 5. – С. 149-156.
7. Белоусова, Е.Н. Формирование и изменение структурного состояния почв элювиального ряда Приенисейской Сибири: монография / Е.Н. Белоусова. – Красноярск, 2021. – 211 с.
8. Бондарев, А.Г. Проблема регулирования физических свойств почв в интенсивном земледелии / А.Г. Бондарев // Почвоведение. – 1988. – № 9. – С. 64-69.
9. Бугаков, П.С. Агрономическая характеристика почв земледельческой зоны Красноярского края / П.С. Бугаков, В.В. Чупрова. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 1995. – 176 с.
10. Бугаков, П.С. Почвы Красноярского края / П.С. Бугаков, С.М. Горбачева, В.В. Чупрова. – Красноярск, 1981. – 128 с.
11. Васильев, В.А. Справочник по органическим удобрениям / В.А. Васильев, Н.В. Филиппова. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 255 с.
12. Вередченко, Ю.П. Агрофизическая характеристика почв центральной части Красноярского края / Ю.П. Вередченко. – М.: АН СССР, 1961. – 272 с.
13. Возбуцкая, А.Е. Химия почвы: учеб. пособие / А.Е. Возбуцкая. – М.: Высшая школа, 1968. – 427 с.

14. Волошин, Е.И. Эффективность применения органических удобрений в агропромышленном комплексе Красноярского края / Е.И. Волошин // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 4. – С. 138-147.
15. Гамзиков, Г.П. Агрохимия азота в агроценозах / Г.П. Гамзиков. – Новосибирск: Новосиб. гос. аграр. ун-т, 2013. – 790 с.
16. Горбачева, С.М. Формы калия в почвах Красноярской лесостепи: автореф. дис. ... канд. биол. наук / С.М. Горбачева. – Новосибирск, 1977. – 23 с.
17. Гришина, Л.А. Система показателей гумусного состояния почв / Л.А. Гришина, Д.С. Орлов // Проблемы почвоведения. – М.: Наука, 1978. – С. 42-47.
18. Донская, О.Л. Экологическая оценка агроэкосистем юга Средней Сибири: монография / О.Л. Донская, З.Н. Николаева. – Абакан: Изд-во ХГУ им. Н.Ф. Катанова, 2008. – 176 с.
19. Едигеичев, Ю.Ф. Разработка проектов внутрихозяйственного землеустройства и систем земледелия на ландшафтной основе для лесостепи Красноярского края: метод. пособие / Ю.Ф. Едигеичев, Ю.А. Лютых. – Новосибирск, 2002. – 224 с.
20. Едигеичев, Ю.Ф. Современные проблемы ресурсосберегающих технологий в земледелии Красноярского края: учеб. пособие / Ю.Ф. Едигеичев, А.И. Шпагин. – Красноярск, 2014. – 204 с.
21. Ермохин, Ю.И. Прикладная агрохимия: учеб. пособие / Ю.И. Ермохин. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2018. – 140 с.
22. Ершов, Ю.И. Органическое вещество биосферы и почвы / Ю.И. Ершов. – Новосибирск, 2004. – 104 с.
23. Ершов, Ю.И. Почвы и земельные ресурсы Красноярского края / Ю.И. Ершов. – Красноярск, 2000. – 81 с.
24. Ефимов, В.Н. Система удобрений: учебник / В.Н. Ефимов, И.Н. Донских, В.П. Царенко. – М.: Колос, 2003. – 320 с.
25. Житов, В.В. Агрохимия в условиях юга Восточной Сибири / В.В. Житов, А.А. Долгополов, Н.Н. Дмитриев. – Иркутск, 2004. – 336 с.
26. Качинский, Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы их изучения / Н.А. Качинский. – М.: Изд-во АН ССР, 1958. – 191 с.
27. Каюмов, М.К. Справочник по программированию продуктивности полевых культур / М.К. Каюмов. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 288 с.
28. Кильби, И.Я. Временные методические рекомендации по расчету баланса гумуса в почвах, потребности и обеспеченности ор-

ганическими удобрениями колхозов и совхозов Красноярского края / И.Я. Кильби, Н.Е. Лосюков, В.В. Чупрова. – Красноярск, 1986. – 21 с.

29. Кирюшин, В.И. Агротехнологии: учебник / В.И. Кирюшин, С.В. Кирюшин. – СПб.: Лань, 2015. – 464 с.

30. Кирюшин, В.И. Экологические основы земледелия: учебник / В.И. Кирюшин. – М.: Колос, 1996. – 367 с.

31. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева [и др.]. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.

32. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. – 342 с.

33. Кочергин, А.Е. Определение потребности зерновых культур в азотных удобрениях на черноземах Западной Сибири / А.Е. Кочергин // Докл. ВАСХНИЛ. – 1965. – № 2. – С. 5-8.

34. Крупкин, П.И. Природное районирование Красноярского края / П.И. Крупкин, Г.П. Пахтаев, В.В. Топтыгин. – Красноярск, 1993. – 30 с.

35. Крупкин, П.И. Пути прогнозирования эффективности минеральных удобрений / П.И. Крупкин. – Красноярск, 2006. – 95 с.

36. Крупкин, П.И. Черноземы Красноярского края / П.И. Крупкин. – Красноярск, 2002. – 314 с.

37. Лебедева, И.И. Почвы Центрально-Европейской и Средне-Сибирской лесостепи / И.И. Лебедева, Е.В. Семина. – М.: Колос, 1974. – 220 с.

38. Литвак, Ш.И. Системный подход к агрохимическим исследованиям / Ш.И. Литвак. – М., 1990. – 220 с.

39. Мальцев, В.Т. Условия азотного питания полевых культур и применения азотных удобрений на почвах Приангарья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / В.Т. Мальцев. – Омск, 2000. – 40 с.

40. Марченко, М.Н. Операционная технология применения минеральных удобрений / М.Н. Марченко. – М.: Россельхозиздат, 1983. – 175 с.

41. Минеев, В.Г. Агрохимия, биология и экология почвы / В.Г. Минеев, Е.Х. Ремпе. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 206 с.

42. Минеев, В.Г. Агрохимия: учебник / В.Г. Минеев. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 486 с.

43. Муравин, Э.А. Агрохимия: учебник / Э.А. Муравин. – М.: Колос, 2003. – 384 с.

44. Новоселов, С.И. О методических подходах к расчету баланса гумуса в севообороте / С.И. Новоселов // *Агрохимия*. – 2020. – № 10. – С. 28-35.
45. Оценка агроэкологического состояния почв, вовлеченных в разработку песчано-гравийных карьеров Канского района Красноярского края / В.В. Чупрова, А.А. Белоусов, Е.Н. Белоусова [и др.] // *Вестник КрасГАУ*. – 2019. – № 3 (144). – С. 16-21.
46. Пигарева, Н.Н. Агрохимия почв криолитозоны Забайкалья / Н.Н. Пигарева. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2004. – 203 с.
47. Программирование урожайности полевых культур: учеб. пособие / Н.М. Майборода, Л.К. Тупикова, Л.П. Столяр [и др.]. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2000. – 69 с.
48. Прокошев, В.В. Калий и калийные удобрения / В.В. Прокошев, И.П. Дерюгин. – М.: Ледум, 2000. – 185 с.
49. Прянишников, Д.Н. Избранные труды / Д.Н. Прянишников. – М.: Наука, 1976. – 591 с.
50. Пути сохранения и повышения плодородия почв Красноярского края: науч.-практ. рекомендации / Е.В. Алхименко, Е.Н. Белоусова, О.Н. Вебер [и др.]. – Красноярск, 2020. – 48 с.
51. Пчелкин, В.У. Почвенный калий и калийные удобрения / В.У. Пчелкин. – М.: Колос, 1966. – 336 с.
52. Рабочая инструкция для зональных агрохимлабораторий Восточной Сибири / П.И. Крупкин, Л.П. Антипина, Н.Г. Рудой [и др.]. – М.: МСХ СССР, 1967. – 95 с.
53. Рекомендации по диагностике азотного питания полевых культур и применению азотных удобрений / А.Е. Кочергин, Г.П. Гамзиков, П.И. Крупкин [и др.]. – Новосибирск, 1983. – 30 с.
54. Рекомендации по определению доз минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры на планируемый урожай / под ред. П.И. Крупкина, И.А. Макриновой, В.К. Пурлаура [и др.]. – Красноярск, 1987. – 24 с.
55. Рудой, Н.Г. Агрохимия почв Средней Сибири / Н.Г. Рудой. – Красноярск, 2003. – 167 с.
56. Рудой, Н.Г. Производительная способность почв Приенисейской Сибири / Н.Г. Рудой. – Красноярск, 2010. – 240 с.
57. Семина, Е.В. Черноземы Красноярской лесостепи и их провинциальные особенности / Е.В. Семина, Ю.П. Вередченко // *О почвах Урала, Западной и Центральной Сибири*. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 170-190.

58. Система земледелия Красноярского края на ландшафтной основе: науч.-практ. рекомендации / под ред. С.В. Брылева. – Красноярск, 2015. – 224 с.
59. Соколов, А.В. Агрохимия фосфора / А.В. Соколов. – М.: Изд-во АН СССР, 1950. – 151 с.
60. Соловьева, Н.Ф. Жидкие удобрения и современные методы их применения / Н.Ф. Соловьева. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2010. – 76 с.
61. Сорокина, О.А. Система применения удобрений: учеб. пособие / О.А. Сорокина, Е.Н. Белоусова. – Красноярск, 2020. – 132 с.
62. Сорокина, О.А. Состояние химизации земледелия на примере применения удобрений в Российской Федерации и Красноярском крае / О.А. Сорокина // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 9. – С. 9-17.
63. Состояние плодородия пахотных почв Приенисейской Сибири и эффективность удобрений / Ю.П. Танделов, Е.И. Волошин, О.В. Ерышова [и др.]. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 69 с.
64. Танделов, Ю.П. Особенности кислых почв земледельческой территории Красноярского края и применение удобрений / Ю.П. Танделов. – Красноярск, 2016. – 164 с.
65. Танделов, Ю.П. Особенности применения минеральных удобрений в новых экономических условиях / Ю.П. Танделов, Н.М. Майборода. – Красноярск, 2002. – 22 с.
66. Танделов, Ю.П. Плодородие почв и эффективность удобрений в Средней Сибири / Ю.П. Танделов. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 302 с.
67. Танделов, Ю.П. Черноземы Красноярского края и проблема известкования / Ю.П. Танделов, О.В. Ерышова. – Красноярск, 2005. – 20 с.
68. Томпсон, Л.М. Почвы и их плодородие / Л.М.Томпсон, Ф.Р. Трой. – М.: Колос, 1982. –171 с.
69. Трубников, Ю.Н. Оценка качества фосфоритов Приенисейской Сибири / Ю.Н. Трубников // Плодородие. – 2005. – № 4. – С. 9-11.
70. Трубников, Ю.Н. Характеристика фосфоритов и эффективность фосфоритной муки в условиях Приенисейской Сибири / Ю.Н. Трубников, А.А. Крючков // Агрохимия. – 2018. – № 6. – С. 44-52.
71. Ульянова, О.А. Система применения удобрений: учеб. пособие / О.А.Ульянова, Е.Н.Белоусова. – Красноярск, 2017. – 124 с.
72. Ульянова, О.А. Трансформация удобрительных композиций в почвах Красноярской лесостепи: монография /О.А.Ульянова. – Красноярск, 2014. – 228 с.

73. Чупрова, В.В. Агроэкологическая оценка почв: учеб. пособие / В.В. Чупрова, Ю.В. Бабиченко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2013. – 122 с.
74. Чупрова, В.В. База данных по плотности сложения почв земледельческой территории Красноярского края / В.В. Чупрова, Н.Л. Ерохина // Вестник КрасГАУ. – 1999. – № 5. – С. 84-91.
75. Чупрова, В.В. Запасы и потоки азота в агроценозах Средней Сибири / В.В. Чупрова, Н.Л. Ерохина, С.В. Александрова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2006. – 171 с.
76. Чупрова, В.В. Земельные ресурсы и эколого-географические условия почвообразования в Средней Сибири (Красноярский край): проблемная лекция / В.В. Чупрова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2014. – 32 с.
77. Чупрова, В.В. Почвы Сибири: лаборатор. практикум / В.В. Чупрова. – Красноярск, 2018. – 126 с.
78. Чупрова, В.В. Углерод и азот в агроэкосистемах Средней Сибири / В.В. Чупрова. – Красноярск, 1997. – 166 с.
79. Чупрова, В.В. Управление плодородием почвы / В.В. Чупрова // Инновационные технологии производства продуктов растениеводства: сб. ст. – Красноярск, 2011. – С. 42-50.
80. Шарков, И.Н. Воспроизводство гумуса как составная часть системы управления плодородием почвы: метод. пособие / И.Н. Шарков, А.А. Данилова, А.С. Прозоров. – Новосибирск, 2010. – 36 с.
81. Шеуджен, А.Х. Агрохимические основы применения удобрений / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, С.В. Кизинек. – Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2013. – 572 с.
82. Шпедт, А.А. Оценка и оптимизация органического вещества почв сельскохозяйственных угодий Красноярского края: монография / А.А. Шпедт. – Красноярск, 2013. – 230 с.
83. Юлушев, И.Г. Почвенно-агрохимические основы адаптивно-ландшафтной организации систем земледелия ВКЗП: учеб. пособие / И.Г. Юлушев. – М.: Академический Проект, 2005. – 368 с.
84. Ягодин, Б.А. Агрохимия: учебник / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко. – М.: Мир, 2003. – 584 с.
85. Krauss A. Potassium as an integral part for sustained soil fertility and efficient crop production // Bull. Inst. Hod, aklim. rosl. – 2002. – № 222. – 5-17.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П.1 – Содержание CaCO_3 в известковых материалах, %

Мелиорант – известковый материал	Содержание $\text{CaO}+\text{MgO}$ в переводe на CaCO_3 , %
Молотый известняк	75-100
Доломит	80-100
Сланцевая зола:	
пылевидная	70-80
колосниковая	60-70
цементная пыль	60-85
Мел	90-100
Жженая и гашеная известь	135
Известковый туф (ключевая известь)	75-95
Торфотуф	20-70
Известковый сапропель	50-75
Мергель	27-75
Гажа (озерная известь)	80-95
Природная доломитовая мука	95
Белитовая мука	30-90
Известковый отход бумажного производства	90

Таблица П.2 – Содержание гипса в мелиоранте, %

Мелиорант	Содержание CaSO_4 , %
Гипс сыромолотый ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	71-73
Фосфогипс (содержит 2-3 % P_2O_5)	70-75
Глиногипс (содержит 1-11 % глины)	60-90

Таблица П.3 – Климатические показатели по административным районам Красноярского края

Административный район	Сумма положительных температур выше 10 °С	Средняя температура воздуха за июль, °С	Сумма осадков, мм		Средняя температура воздуха за январь, °С
			за год	за период с температурой выше 10 °С	
1	2	3	4	5	6
Средняя тайга					
Богучанский	1550	23	350	150	-24,4
Кежемский	1500	23	350	150	-27,4
Мотыгинский	1525	23	350	150	-22,4
Южная тайга (подтайга)					
Бирилюсский	1550	22	425	200	-18,0
Большеулуйский	1600	22	425	200	-17,8
Енисейский	1450	22	450	225	-22,0
Казачинский	1580	22	425	200	-20,8
Козульский	1450	22	450	210	-20,
Пировский	1475	22	425	200	-20,3
Тюхтетский	1625	22	425	200	-17,6
Тасеевский	1500	23	375	175	-17,0
Лесостепь					
Березовский	1550	21	350	175	-18,0
Большемуртинский	1500	23	350	175	-20,8
Емельяновский	1400-1800	22	400	200	-18,2
Манский	1500	22	450	225	-18,0
Суходобузимский	1525	23	350	200	-21,0

Окончание табл. П.3

1	2	3	4	5	6
Ачинский	1600	22	375	200	-17,7
Боготольский	1625	22	425	200	-17,4
Назаровский	1600	22	375	190	-18,7
Балахтинский	1550	22	375	200	-21,5
Новоселовский	1650	23	350	200	-19,7
Ужурский	1550	22	350	180	-19,5
Шарыповский	1550	22	375	200	-16,0
Абанский	1600	23	350	180	-20,6
Дзержинский	1550	23	375	175	-21,6
Иланский	1600	23	425	175	-20,3
Ирбейский	1550	22	400	200	-20,4
Канский	1800	23	350	180	-20,2
Нижнеингашский	1575	22	450	190	-20,5
Партизанский	1575	22	375	200	-20,7
Рыбинский	1650	22	325	175	-18,1
Саянский	1550	22	350	200	-18,6
Уярский	1575	22	375	200	-18,6
Ермаковский	1850	24	475	250	-18,9
Идринский	1700	23	375	225	-18,8
Каратузский	1650	23	425	230	-18,5
Курагинский	1800	23	400	210	-21,1
Краснотуранский	1850	23	350	200	-18,6
Степь					
Минусинский	1975	24	325	205	-20,8
Шушенский	1850	24	375	200	-18,7

Таблица П.4 – Примерный коэффициент использования влаги культурами по зонам Красноярского края

Зона	Коэффициент
Тайга, подтайга	0,70
Лесостепь	0,65
Степь	0,60

Таблица П.5 – Примерные запасы продуктивной влаги (ПВ) в почве перед посевом культур по зонам Красноярского края в зависимости от предшественников (данные КрасГАУ, КНИИСХ, гидрометслужбы)

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

Таблица П.6 – Среднее многолетнее количество осадков в условиях Красноярского края (данные гидрометеослужбы)

Метеостанция	Осадки за период от посева (посадки) до созревания культуры, мм		
	Яровые зерновые, кукуруза на силос	Рожь озимая	Картофель, корнеплоды
Боготол	200	280	220
Дзержинское	150	200	170
Идринское	190	280	220
Казачинское опытное поле	210	240	220
Тюхтет	190	250	210
Ермаковское	220	270	250
Крутояр	200	260	240
Шарыпово	220	240	230
Уяр	180	230	200
Ирбейское	180	220	200
Балахта	190	230	220
Каратуз	220	250	230
Шира	190	-	200
Бея	200	-	230
Сухобузимо	180	220	200

Таблица П.7 – Расход влаги на формирование 1 ц основной и побочной продукции (КрасГАУ, 1960-1992 гг.), мм

Культура	Без удобрений	При внесении удобрений
Тайга, подтайга		
Пшеница, ячмень	9-11	7-8
Овес	10-11	8-9
Корнеплоды	0,7-0,8	0,6-0,7
Картофель	1,3-1,5	1,1-1,2
Силосные	0,9-1,0	0,7-0,8
Однолетние травы	7-8	5-6
Лесостепь		
Пшеница, ячмень	10-11	8-9
Овес	10-12	9-10
Корнеплоды	0,8-0,9	0,6-0,7
Картофель	1,5-1,8	1,2-1,3
Силосные	1,0-1,1	0,7-0,9
Однолетние травы	8-9	6-7
Степь		
Пшеница, ячмень	12-14	9-11
Овес	13-15	10-12
Корнеплоды	0,9	0,7
Картофель	1,8	1,5
Силосные	1,1	1,0
Однолетние травы	10-11	8-9

Таблица П.8 – Коэффициенты перевода продукции растениеводства
в зерновые единицы

Продукция	Коэффициент перевода
Пшеница, рожь, ячмень	1,00
Зернобобовые, гречиха, рис	1,40
Овес	0,80
Просо	0,90
Подсолнечник	0,40
Картофель, овощные, бахчевые	1,44
Кормовые корнеплоды	0,20
Сено однолетних трав	0,40
Сено многолетних трав	0,50
Кукуруза (силос)	0,17
Прочие силосные культуры	0,12

Таблица П.9 – Вынос элементов питания урожаям культур
(средние данные КНИИСХ, КрасГАУ, ФГУП ЦГАС «Красноярский»)

Культура	Основная продукция	Отношение основной продукции к побочной	Вынос на 1 ц основной продукции, кг		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшеница яровая	Зерно	1:1,4	3,5	1,4	2,5
Рожь озимая	Зерно	1:1,7	3,0	1,4	2,6
Овес	Зерно	1:1,5	3,0	1,4	2,5
Ячмень	Зерно	1:1,5	3,0	1,3	2,4
Гречиха	Зерно	1:1,8	3,0	1,6	4,0
Горох	Зерно	1:1,5	6,8	1,9	3,0
Вика	Зерно	1:1,6	6,6	1,8	2,8
Просо	Зерно	1:1,8	3,3	1,0	3,4
Кукуруза	Зерно	1:2,0	0,4	0,1	0,4
Картофель	Клубни	1:1,2	0,66	0,36	0,9
Лен-долгунец	Волокно	1:6,0	8,0	4,0	7,0
	Семена	1:8,0			
Люцерна в цвету	Сено	-	2,6	1,1	2,2
Клевер	Сено	-	2,5	1,0	2,1
Кострец безостый	Сено	-	1,6	0,8	2,4
Однолетние травы	Сено	-	2,0	0,8	2,4
Сахарная свекла	Корнеплоды	1:1,0	0,6	0,2	0,75
Кормовая свекла	Корнеплоды	1:1,0	0,4	0,13	0,46
Капуста поздняя	Кочаны	5:1,0	0,42	0,15	0,7
Томаты	Плоды	1,5:1,0	0,3	0,28	0,37
Огурцы	Плоды	4:1	0,4	0,2	0,5
Морковь	Корнеплоды	1:1	0,21	0,13	0,43
Свекла столовая	Корнеплоды	1:1	0,4	0,16	0,65
Лук	Луковица	1,2:1,0	0,2	0,14	0,29
Редис	Корнеплоды	1,2:1,0	0,32	0,14	0,34

Таблица П.10 – Примерное количество навоза, получаемого в год от взрослого животного, т

Животные	Продолжительность стойлового периода, дни			
	240-220	220-200	200-180	Менее 180
Подстилочный навоз				
Крупный рогатый скот	9-10	8-9	6-8	4-5
Лошади	7-8	5-6	4-4,5	2,5-3
Овцы	1,0	0,9	0,6-0,8	0,4-0,5
Свины	1,5-2,0	1,2-1,5	1,0-1,2	0,8-1,0
Бесподстилочный навоз				
Крупный рогатый скот	3	2,5	2,0	1,5
Свины	0,5	0,3	0,25	0,2

Таблица П.11 – Годичное поступление птичьего помета от 1 головы (кг) и его химический состав, % на сырое вещество

Вид птицы	Выход помета	С использованием подстилки	Влажность	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Куры	6-7	30	75	1,5	1,4	0,5	1,1
Утки	7-9	35-40	83	0,6	0,8	0,3	1,0
Гуси	10-12	50-60	83	0,6	0,5	0,8	0,6
Индейки	10-11	48-52	75	0,7	0,6	0,5	0,6

Таблица П.12 – Химический состав свежего навоза, % на сырое вещество (Красноярская и Ачинско-Боготольская лесостепь, ФГУП ЦГАС «Красноярский»)

Вид органического удобрения	Влажность	Зольность	Органическое вещество	рН	Содержание		
					N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Навоз КРС:							
подстилочный	78,7	5,8	17,5	8,2	0,43	0,24	0,33
бесподстилочный	83,6	3,2	13,2	8,0	0,39	0,16	0,26
на гидросмыве	95,7	1,0	3,3	7,6	0,16	0,05	0,17
Свиной:							
бесподстилочный	76,2	2,8	21,0	7,1	0,77	0,20	0,22
подстилочный	75,6	3,5	20,0	6,8	1,00	0,39	0,66
Овечий	66,4	0,8	34,8	8,7	1,01	0,34	1,55
Конский	73,7	4,9	21,4	7,5	0,52	0,29	0,53

Таблица П.13 – Коэффициенты использования питательных веществ из органических удобрений

Вид удобрения	Год действия	Коэффициент использования, %		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Навоз	1	20-25	25-35	30-40
Компосты	2	10-15	15-20	20-25
Зеленое удобрение	3	5-10	5-10	10-15

Таблица П.14 – Интенсивность баланса (черноземы), %

Обеспеченность элементами	Вносятся в % от выноса		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Очень низкая	100	130	100
Низкая	80	120	70
Средняя	70	110	50
Повышенная	50	100	20

Таблица П.15 – Интенсивность баланса (дерново-подзолистые и серые лесные), %

Обеспеченность элементами	Вносятся в % от выноса		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Очень низкая	120	280	150
Низкая	120	250	130
Средняя	110	200	110
Повышенная	105	150	90
Высокая	100	100	70
Очень высокая	80	80	50

Таблица П.16 – Поступление в почву биологического азота бобовых культур

Предшественник	Урожай, ц/га	Поступление в почву, кг/га	
		общего	симбиотического
Клевер первого года пользования	20	115	74
	40	180	126
Клевер второго года пользования	37	130	84
	66	200	146
Вико-овсяная смесь	10	22	11
	20	28	14
	50	35	21
Зернобобовые (горох)	12	26	11
	17	31	14
	22	37	20

Таблица П.17 – Поправочный коэффициент к дозам удобрений в зависимости от содержания продуктивной влаги в почве перед посевом культур

Содержание продуктивной влаги в метровом слое почв, мм	Поправочный коэффициент
100-130	0,9
130-160	1,0
160-200	1,1
200-250	1,2

Таблица П.18 – Характеристика приемов обработки почвы
[Едимеичев, Шпагин, 2014]

Прием обработки почвы	Орудия обработки почвы	Технологическая операция	Условия применения
1	2	3	4
Основная обработка почвы			
Вспашка	ПЛН-3-35 ПЛН-4-35 ПЛН-5-35 ПЛН-6-35 ПЛН-9-35	Оборачивание, крошение, рыхление и перемешивание, заделка удобрений, сорняков, возбудителей болезней	На тяжелых почвах, засоренных многолетними сорняками в системе зяблевой обработки под кукурузу, картофель после многолетних трав в лесостепи и подтайге
Безотвальное рыхление	Штанговый культиватор КШН-3,6; культиваторы-плоскорезы КПЭ-3,8; КПШ-9	Рыхление, перемешивание почвы, подрезание сорняков с оставлением стерни	В степных районах для сплошной предпосевной культивации
Плоскорезное глубокое – 25-27 см рыхление	Плоскорезы глубокорыхлители КПК-250 КПК-2-150 ГУН-4	—	Применяют в степных засушливых районах, подверженных ветровой эрозии, взамен отвальной вспашки
Чизелевание	Плуги-чизели ПЧ-4,5 ПЧ-3,5	Рыхление при частичном перемешивании	Для сплошного глубокого (20-40 см) рыхления почвы без ее оборачивания, а также на малоплодородных почвах для углубления пахотного слоя
Дискование	Тяжелые дисковые бороны БДТ-3 БДТ-7	Рыхление, перемешивание, частичное оборачивание	На биологически взрыхленных почвах (картофель, кукуруза)
Приемы предпосевной обработки			
Боронование игольчатой бороной	БИГ-3А	Рыхление, перемешивание, выравнивание поверхности почвы с частичным уничтожением сорняков	Весной для закрытия влаги по стерне
Боронование зубовой бороной	БЗСС-1 БЗСТ-1		Для закрытия влаги
Культивация с боронованием и выравниванием	КПС-4 КПЭ-3,8 КТС-10	Рыхление, перемешивание почвы, подрезание сорняков	В системе предпосевной обработки почвы

Продолжение табл. П.18

1	2	3	4
Прикатывание	ЗКК-6А	Уплотнение, крошение глыб, выравнивание поверхности	Боронование, прикатывание перед посевом
Шлейфование	ШВ-2,5	Выравнивание поверхности почвы	Перед посевом
Приемы послепосевной обработки почвы			
Прикатывание	КЗК-10	Уплотнение почвы	После посева всех культур
Боронование до всходов и после всходов	БЗСС-1 БСО-4 ЗПБ-0,5	Уничтожение нитевидных проростков	При сильном засорении
Междурядная культивация	КРН -5,6	Подрезание сорняков, рыхление	
Окучивание	КОН-2,8		
Приемы послепосевной обработки			
Двухъярусная обработка	Двухъярусный плуг Чикалики ПЯ-3-35 Плуг с вырезными отвалами П-3-30У	Оборачивание верхней части пахотного слоя и одновременное рыхление нижней части или перемещение верхнего слоя на место нижнего	На подзолистых почвах, оборачивание и перемешивание горизонтов почвы. Для разделки пласта многолетних трав
Фрезерование	Фрезы ФБН-0,9 ФБН-1,6 Культиватор-фреза КФГ-3,6	Интенсивное рыхление и тщательное перемешивание	На дерново-подзолистых почвах с применением извести, органических удобрений
Плантажная вспашка	Плантажные плуги до 40 см	Те же, что и при вспашке	Для окультуривания песчаных и супесчаных почв
Щелевание	Щелеватели ЩН-2-140	Прорезание в почве щелей для перевода поверхностного стока во внутренний для накопления влаги и защиты почвы от водной эрозии	На склоновых землях осенью
Кротование	Плуг, оборудованный кротователем	Обработка почвы, обеспечивающая образование отверстий в горизонтальном направлении. Для отвода излишней воды в подпахотный слой	
Посевные комплексы			
Основная и предпосевная, посев полосой 12-15 см, прикатывание полосы посева	«Агромастер 12200» (культиваторного типа для прямого посева и минимальной технологии возделывания зерновых культур)	Разделка почвы или стерни, подготовка семенного ложе	—

Продолжение табл. П.18

1	2	3	4
Предпосевная культивация, боронование, посев, внесение удобрений, прикатывание, выравнивание почвы	«Кузбасс»	—	Предназначен для возделывания сельскохозяйственных культур по минимальной технологии обработки почвы. Посев как по стерневому фону без предварительной подготовки, так и фонам, обработанным по традиционной технологии отвальной вспашки
Посев широкого спектра сельскохозяйственных культур (от зернобобовых до технических мелкосеменных) в диапазоне норм высева от 3 до 340 кг/га; прикатывание семян	«Томь-10»	Разделка почвенного пласта, измельчение органических остатков, качественное формирование борозды в условиях повышенной влажности	—
Посев, внесение стартовых доз удобрений совместно с семенами, а также повышенных норм азотных удобрений в отдельную борозду, прикатывание семян	Джон Дир-1895		Предназначен для работы по нулевой технологии
Предпосевная культиваторная подготовка почвы с заделыванием органических и минеральных удобрений	«Терминатор»	Обработка почвы на глубину до 15 см, рыхление и выравнивание почвы, подрезание сорняков	Предназначен для хозяйств со смешанной системой земледелия, которые применяют как предпосевную подготовку почвы с заделыванием органических и минеральных удобрений, так и посев по минимальной технологии
Внесение порошкообразных, жидких или газообразных удобрений, посев и прикатывание семян сельскохозяйственных культур	«Horsch–Агро– Союз»		Предназначена для высева семян зерновых и мелкосеменных культур для прямого посева, а также на почве, подготовленной в соответствии с агротехническими требованиями к предпосевной обработке во всех почвенно-климатических зонах на уклонах до 8 °, кроме зон горного земледелия

Окончание табл. П.18

1	2	3	4
Широкополосный посев семян зерновых, зернобобовых и мелкосеменных культур с одновременным внесением минеральных удобрений	«Kernel and Accord Insider-12-6000»		Посев может производиться по необработанному полю с отказом от всех видов механической обработки или в предварительно обработанную почву

РЕГИОНАЛЬНАЯ АГРОХИМИЯ

Учебное пособие

Электронное издание

Белоусова Елена Николаевна

Редактор Т.М. Мاستрич

Подписано в свет 16.11.2022. Регистрационный номер 53
Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117
e-mail: rio@kgau.ru