

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
СИБИРСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ХИМИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Н.В. СЕМЕНДЯЕВА

**ВЛИЯНИЕ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
НА СВОЙСТВА ПОЧВ
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Новосибирск 2011

УДК 631.452(571.1)
ББК 40.326
С301(2Р5)

Рецензенты:

д-р с.-х. наук *Н.И. Добротворская* (СибНИИЗиХ Россельхозакадемии);
д-р биол. наук *Н.Н. Наплёкова* (НГАУ)

Семендяева Н.В.

С301 Влияние сельскохозяйственного использования на свойства почв Западной Сибири/Новосиб. гос. аграр. ун-т; СибНИИ земледелия и химизации сел. хоз-ва. — Новосибирск, 2011. — 168 с.

ISBN 978-5-94477-082-0

В монографии представлены результаты исследований о влиянии антропогенного фактора (длительного воздействия минеральных и органических удобрений, орошения, мелиорации) на свойства дерново-подзолистых почв, чернозёмов выщелоченных и южных, каштановых почв и солонцов, находящихся в длительных стационарных опытах. Установлено, что антропогенное воздействие на плодородие почв в различных почвенно-климатических зонах определяется типом почвообразовательного процесса и прежде всего сказывается на морфологическом профиле почв.

Книга представляет интерес для почвоведов, агрохимиков, работников сельского хозяйства, а также преподавателей, студентов и аспирантов вузов биологического профиля.

УДК 631.452(571.1)
ББК 40.326

ISBN 978-5-94477-082-0

© Семендяева Н.В., 2011
© ФГОУ ВПО НГАУ, 2011
© СибНИИЗиХ, 2011

ВВЕДЕНИЕ

В.В. Докучаев, основоположник науки почвоведения, убедительно доказал, что почвы являются природно-историческим телом, которое возникло в результате длительного взаимодействия пяти природных факторов: материнской (почвообразующей) породы, растительности и животного мира, рельефа, климата и возраста страны (Докучаев, 1883). Несколько позднее В.Р. Вильямс (1949) ввел в определение почвы шестой фактор — антропогенный, который в настоящее время оказывает большое влияние на естественный природный почвообразовательный процесс, в некоторых случаях даже меняя его направленность.

Как показали многочисленные исследования, сельскохозяйственное использование почв (антропогенный фактор) приводит к существенным изменениям их состава и свойств, отражаясь на главном их свойстве — плодородии. Антропогенные воздействия могут быть вредными, опасными и, наоборот, полезными и благоприятными. Негативные и позитивные воздействия обычно оцениваются по конкретным результатам — загрязнению, эрозии, вторичному засолению, или, наоборот, по окультуриванию, улучшению структуры пахотного горизонта, его мощности, увеличению содержания питательных веществ, повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Негативным антропогенным воздействиям в настоящее время уделяется большое внимание. К ним применяются определенные меры, направленные на ограничение нежелательных последствий (Танасиенко, 2003).

Позитивным изменениям антропогенного характера, как правило, уделяется меньше внимания, хотя многовековой опыт использования почв свидетельствует об их существовании, приводящем к повышению плодородия почв, их окультуриванию. В.В. Докучаев образно назвал почву «зеркалом ландшафта». В.Д. Муха (2004), используя данную терминологию, назвал пахотную культурную почву «зеркалом хозяйственной деятельности человека» (с. 39).

По мнению В.Д. Мухи (1994), современное развитие пахотных почв происходит под воздействием особого генетически самостоятельного естественно-антропогенного (культурного) почвообразовательного процесса, который имеет свои особенности

в каждой почвенно-климатической зоне в соответствии с характером сельскохозяйственного использования. Человек, нарушая сложившееся веками динамическое равновесие между компонентами экологических систем, вносит существенные изменения в биогеохимический круговорот веществ и изменяет направленность естественного почвообразования. Под воздействием хозяйственной деятельности почва в сравнительно короткий срок приобретает новые свойства и признаки.

Культурный почвообразовательный процесс, развивающийся под воздействием человека, является целенаправленным, приводящим к созданию нового природного тела – высокопродуктивной, культурной почвы, соответствующей особенностям возделывания сельскохозяйственных растений. В разных генетических типах почв (дерново-подзолистых, серых лесных, черноземах, каштановых и т. д.) при их окультуривании, несмотря на резкие зональные различия, формируются общие закономерности изменения, что свидетельствует о развитии в них единого естественно-антропогенного почвообразовательного процесса (Муха, 2004). Эти изменения следующие.

1. Замена естественной растительности с её высоким биоразнообразием и сложной структурой сообществ на более простые монодоминантные агроэкосистемы, из которых отчуждается значительная доля фитомассы. Поступление органического вещества в агроценозах значительно меньше, чем в естественных (Левин, 1977). Смена типа растительности резко изменяет почвенный микроклимат в широких диапазонах, нарушает ход биотических процессов, что приводит к изменению биологической активности, количественного и качественного состава гумуса.

2. Изменение биохимических процессов, как правило, повышает микробиологическую деятельность, усиливает минерализацию и гумификацию органического вещества.

3. Систематическое рыхление и перемешивание верхних гумусовых горизонтов приводит к изменению физико-химических свойств и водно-воздушного режима, что усиливает интенсивность протекания как процесса выветривания, так и почвообразовательного процесса в целом.

4. Почвообразовательный процесс направлен на качественное стабильное улучшение свойств почв, обусловленное применением комплекса мелиоративных, агротехнических, агрохимических и других мероприятий, в результате которых фор-

мируется новый культурный тип почв, способный обеспечивать получение высоких и устойчивых урожаев и устранить или смягчить неблагоприятное воздействие погодных условий в результате формирования оптимальных параметров свойств почв для сельскохозяйственных культур.

Наиболее подробно антропогенный процесс почвообразования представлен в работах М.И. Герасимовой и др. (2003) и В.Д. Мухи (2004), в которых детально охарактеризованы свойства антропогенно-измененных почв и вскрыты особенности их развития.

Следует отметить, что большинство исследований по данному вопросу проведено в европейской части России и на Украине. В Западной Сибири исследований по выявлению особенностей развития агропедогенеза (естественно-антропогенного или культурного процесса почвообразования) недостаточно. Поэтому нами была поставлена цель — выявить влияние антропогенного фактора на почвообразовательный процесс в Западной Сибири в различных почвенно-климатических зонах на почвах различной степени окультуренности.

Н.А. Караваева и др. (1985), исследуя пахотные почвы Нечерноземья, разработали процессно-эволюционный подход к изучению агропедогенеза. Они, в частности, считают, что в настоящее время наиболее правильным методом сравнительного анализа агропочв «является сопоставление разных рядов трансформации (эволюции) антропогенных почв в культуре» (с. 116). По их мнению, изучаемые ряды должны различаться по деградации, окультуриванию, осушению или по влиянию каких-либо других частных форм воздействия. При таком методе сравнения нет необходимости в знании параметров исходного (природного) профиля почв. В своей работе мы опирались именно на данный процессно-эволюционный подход.

Общеизвестно, что наиболее целесообразно изучать изменение морфологических и физико-химических свойств почв под воздействием антропогенных и природных факторов в длительных стационарных опытах, в которых на высоком агрономическом уровне соблюдаются все агротехнические приемы и требования. Для этих целей многолетние стационарные опыты являются уникальным объектом.

Наши исследования проводились в разных почвенно-климатических зонах. В таежно-лесной зоне на Нарымской селек-

ционной опытной станции Томской области Колпашевского района изучались дерново-подзолистые почвы в опыте, заложенном в 1947 г., который продолжает функционировать и поныне. Свойства черноземов выщелоченных изучались на полях Западно-Сибирской овощной опытной станции в опыте, заложенном в 1942 г. (Алтайское Приобье); на полях СибНИПТИЖ опыт ведется с 1976 г. (Новосибирское Приобье). Черноземы южные изучались в производственных условиях на полях Северной Кулунды, а каштановые почвы – в длительном стационарном опыте Кулундинской опытной станции, заложенном в 1969 г. Изучение изменения свойств солонцов Барабинской низменности проводилось на солонцовом стационаре АО «Кабинетное» Чулымского района Новосибирской области в микроделяночных опытах, заложенных в 1981 и 1986 гг.

Работа выполнена по инициативе академика РАСХН Г.П. Гамзикова при участии аспирантов С.О. Кенжегуловой, С.З. Сулейменова и А.К. Бурховецкой, которым автор выражает глубокую благодарность. Особой признательности заслуживают О.Д. Вервайн (Нарымская опытная станция), В.П. Малков (СибНИПТИЖ), В.М. Гнатовский (Кулундинская сельскохозяйственная опытная станция), М.А. Беляков (Западно-Сибирская овощная станция) за предоставление объектов исследований, а также студенты агрономического факультета Новосибирского государственного аграрного университета, которые оказали большую помощь в проведении полевых экспедиционных работ.

1. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СВОЙСТВА ПОЧВ

Воздействие человека на почву и почвенный покров в целом (антропогенный фактор), особенно с этапа широкого развития интенсивного земледелия и различных видов мелиораций (осушения, известкования кислых почв и гипсования солонцов), оценивалось В.М. Фридландом (1972) как фактор непрерывной, глубокой и интенсивной эволюции почв. Эти изменения могут быть разнообразными, но сам факт эволюции почв и почвенного покрова под влиянием земледельческого использования является неоспоримым и очевидным.

Наиболее активному сельскохозяйственному использованию почвы Западной Сибири подвергались последние 100 лет. Изменение пахотных почв в настоящее время многими исследователями-почвоведомы также рассматривается как особый этап эволюции, характеризуемый взаимодействием природных и антропогенных факторов (Ковда, 1981; Добровольский, 1987; Муха, 1988; Никитин, 1988; Хмелев, 1989; Козловский, 1991 и др.).

1.1. Свойства антропогенно-измененных дерново-подзолистых почв

Дерново-подзолистые почвы широко распространены на равнинных и предгорных территориях Западной Сибири. По почвенно-географическому районированию они входят в Западно-Сибирскую провинцию подзоны южной тайги. Формируются под пологом таежно-лесной растительности, и их разнообразие обусловлено различным сочетанием, в зависимости от литолого-геоморфологических и гидрологических условий, подзолистого (кислотного гидролиза), дернового (гумусово-аккумулятивного) и элювиально-глеевого процессов почвообразования. Подзолообразовательный процесс по мере окультуривания почвы замещается дерновым, и активность (или интенсивность) его существенно снижается на стадии средней окультуренности почв (Каличкин и др., 1998).

Окультуривание способствует существенному увеличению пахотного горизонта, усилению в нем процессов гумусонакопления и ослаблению элювиальных процессов. Сельскохозяйственное

использование дерново-среднеподзолистых почв приводит к резкому уменьшению и даже исчезновению собственно элювиального (A_2) горизонта в результате припашки и перемешивания с вышележащими горизонтами, воздействия травянистой культурной растительности, обогащения органическими удобрениями (Муха, 1979). Пахотные дерново-подзолистые почвы по своей природе характеризуются свойствами, унаследованными от исходных целинных и частью приобретенными в процессе современного почвообразования, поэтому бывшее почвообразование является как бы их «биографией» в прошлом, современный же почвообразовательный процесс под влиянием хозяйственной деятельности человека — их настоящим (Пестряков, 1977). Дерново-подзолистые почвы отличаются резко дифференцированным профилем по строению, гранулометрическому, валовому химическому составу, неблагоприятными свойствами (кислая реакция среды, низкое содержание гумуса, азота, фосфора) и неудовлетворительным агрофизическим состоянием (Каличкин и др., 1998). Систематическое внесение удобрений оказывает существенное влияние на почвы, что сказывается, прежде всего, на строении профиля и других морфологических признаках (Байбеков, 1985; Турсина и др., 1985; Панов и др., 1986).

Обеспечение высокого и стабильного уровня плодородия и биопродуктивности дерново-подзолистых почв, отличающихся низким запасом гумуса и питательных веществ, неблагоприятными физическими и химическими свойствами, низкой биологической активностью, требует систематического научно обоснованного применения агрохимических средств. Минеральные удобрения повышают плодородие почвы, увеличивая количество питательных веществ в кругообороте образования и разложения органического вещества. При хорошей агротехнике значительная часть вносимых с удобрениями питательных веществ растений может оставаться в кругообороте, повышая тем самым урожайный потенциал, или плодородие земель (Кук, 1975). Интегральным показателем плодородия является гумус. В исследованиях В.В. Лапы и др. (2000) содержание гумуса за 8 лет в дерново-подзолистой супесчаной почве без органических удобрений уменьшилось на 0,05 %. При среднегодовом внесении 19,4 т/га органических удобрений содержание гумуса увеличилось на 0,16 %. Совместное применение органических и минеральных удобрений способствовало повышению содержания гумуса на 0,13–0,38 %. В то

же время при длительном одностороннем внесении минеральных удобрений, особенно физиологически кислых форм, проявляется негативное их воздействие на свойства почвы.

Обеспечение бездефицитного баланса гумуса в дерново-подзолистых почвах достигается при ежегодном внесении навоза в дозе от 8–10 до 20–40 т/га, в зависимости от исходного уровня гумусированности, структуры севооборота, гранулометрического состава почв (Минеев и др., 2003). По данным Р.Ф. Байбекова и др. (1998), длительное применение органических удобрений, особенно при использовании оптимальной навозно-минеральной системы ($N_{255}P_{135}K_{405} + 40$ т навоза на 1 га за ротацию) увеличивает мощность и гумусированность пахотного горизонта. Положительное изменение содержания гумуса получено и зарубежными исследователями (Kolbe, Stumpe, 1969; Kundler, 1982). Высокие дозы одних минеральных удобрений ($N_{510}P_{270}K_{810}$) не способствовали увеличению мощности гумусового горизонта.

Сохранение, поддержание и воспроизводство плодородия пахотных почв одна – из первоочередных проблем сегодняшнего земледелия. Распашка почв, агротехническое их использование, активное применение средств химизации, интенсивное механическое воздействие и другие антропогенные нагрузки приводят к количественным и качественным изменениям элементов потенциального и эффективного плодородия. Использование дерново-подзолистых почв без удобрений в течение 40–60 лет приводит к уменьшению содержания гумуса на 38–40 % (Гамзиков, Кулагина, 1992).

Длительное применение (25 лет) органических и минеральных удобрений в кормовом севообороте оказало существенное влияние на изменение основных агрохимических свойств подзолистой почвы. Наиболее значительным было увеличение содержания гумуса при использовании одних органических удобрений (на 0,1–0,6 %) и совместном внесении органических и минеральных удобрений (0,7–0,8%) по сравнению с исходным его содержанием.

Систематическое (в течение 36 лет) применение минеральных удобрений (NPK по 31 кг/га) на дерново-подзолистых почвах способствовало снижению содержания гумуса в пахотном слое на 4–5% и накоплению его в подпахотных слоях (на 6–33% больше, чем в контроле). Уменьшение содержания гумуса в пахотном слое связано в основном с миграцией его подвижных форм по

профилю почвы, чему способствует ее легкий гранулометрический состав и преимущественное образование подвижных гумусовых веществ в условиях кислой реакции среды в пахотном слое (Гамзиков, Кулагина, 1992).

По данным Н.Т. Чеботарева и др. (2005), при внесении одних минеральных удобрений содержание гумуса в почве за период исследований не изменилось и осталось на исходном уровне (2,5%).

По мнению Э.И. Шконде, З.К. Благовещенской (1982), действие минеральных удобрений стимулирует развитие сельскохозяйственных культур, что способствует повышению содержания органического вещества в почве и тем самым оказывает косвенное влияние на ее физические свойства. Органические удобрения оказывают прямое действие на физические свойства, улучшая их.

Значение физических свойств почвы для ее плодородия никогда не подвергалось сомнению. В настоящее время в условиях ускоренной интенсификации земледелия их значение еще более возрастает. Одна из причин этого — все большее проявление фактов ухудшения физических свойств почвы в результате применения многократных обработок. Другая причина — необходимость поддержания физических свойств в благоприятном интервале значений. Это необходимые условия получения запланированной отдачи от удобрений и мелиорации, применение которых в последние годы существенно снизилось. Обе названные причины обуславливают необходимость систематических исследований физических свойств почв в направлении их оптимизации (Медведев, 1988).

Длительное внесение удобрений изменяет не только агрохимические, биологические, но и физические свойства почвы, которые также являются показателем почвенного плодородия. Под действием органических удобрений увеличивается мощность гумусового горизонта, уменьшается его плотность, изменяется гранулометрический состав. При этом содержание илистой фракции увеличивается (Моисеенко, Белоус, 1997). В работах Г.В. Пироговской и др. (2004) при систематическом применении на дерново-подзолистых песчаных почвах медленнодействующих удобрений с добавками биологически активных веществ на фоне других приемов уже через 10 лет изменяется структурное состояние и агрохимические свойства пахотных и подпахотных горизонтов. С одной стороны, отмечается тенденция к увеличе-

нию содержания микроагрегатов в пахотных горизонтах, а с другой — замедляется миграция ила и пылеватых частиц в подпахотные горизонты почвы по сравнению с контролем и вариантами с внесением стандартных форм удобрений.

Неоднородность профиля дерново-подзолистых почв по гранулометрическому составу является, как известно, результатом развития подзолообразовательного процесса. Сельскохозяйственное использование также оказывает влияние на соотношение гранулометрических фракций в пахотном слое и в подпахотной части почвенного профиля, усиливает процесс разрушения илистых частиц и выноса неразрушенного ила в нижнюю часть почвенного профиля, а в ряде случаев обогащает илом пахотный слой.

Важным аспектом оценки экологического состояния почв, изменяющегося в результате применения различных средств химизации, в том числе и минеральных удобрений, являются наблюдения за физико-химическими свойствами почв, азотным режимом, содержанием и составом гумуса, отражающими напряженность биологического кругооборота и баланса элементов в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства. Такие изменения стали объектом многочисленных исследований (Соколовский, 1954; Кулаковская, 1978; Никитин, 1986; Муравьев и др., 1999).

Основным фактором, определяющим сложение почв среднего и тяжелого гранулометрического состава и его устойчивость во времени, является механически прочная и водопрочная структура. Почвы с высокой водопрочностью структуры длительное время сохраняют благоприятное сложение.

Однако не всякая водопрочная структура является агрономически ценной. Наиболее ценной является та, в которой водопрочные структурные отдельности имеют рыхлую упаковку, а следовательно, высокую пористость ($> 45\%$), размер агрегатов составляет 0,25–10,0 мм, внутри комков преобладают капиллярные промежутки, а между комками — крупные некапиллярные.

Систематическое применение минеральных удобрений оказывает положительное влияние на структурное состояние почвы. Коэффициенты структурности почвы в удобренных вариантах выше, чем в контроле (Шконде, Благовещенская, 1982). При этом водопрочность агрегатов изменяется меньше, чем при использовании органических и органоминеральных удобрений.

Изучение действия и последствий органических удобрений на структурно-агрегатный состав почвы свидетельствует, что внесение их, даже в невысоких дозах, положительно влияло на структурное состояние пахотного слоя почвы. Доля агрегатов размером 0,25–10,0 мм была выше, чем на минеральном фоне, на 5,8–7,8%. Наблюдалась тенденция к повышению содержания водопрочных агрегатов (Цыбулька и др., 2005). Однако, по данным Ф.И. Левина (1972), на дерново-подзолистых почвах водопрочность структуры почвы на удобренных делянках была в большинстве случаев ниже, чем в контроле без удобрений.

Под действием органических удобрений уменьшается плотность гумусового горизонта. Плотность почвы тесно связана с ее типовой принадлежностью, содержанием элементарных первичных частиц, агрегатов и органического вещества. В профиле дерново-подзолистых почв, расчлененном на неоднородные по содержанию гумуса и элементарных первичных частиц генетические горизонты, плотность закономерно возрастает с глубиной и достигает максимума в материнской породе. По данным Ф.В. Моисеенко и Н.М. Белоус (1997), снижение дозы органических удобрений (торфонавозный компост) в 2 раза привело к увеличению плотности сложения, а изменение плотности твердой фазы почвы было значительно меньшим.

Физико-химические свойства почв — это свойства, связанные с их поглощающим комплексом. К ним относятся емкость поглощения, состав поглощенных оснований и степень насыщенности ими почв, различные виды кислотности и pH почвенного раствора. К.К. Гедройц (1955) указывал, что состав обменных катионов и величина емкости поглощения катионов целинных почв подзолистого типа далеко не всегда являются оптимальными и что агрономические свойства почв при освоении и окультуривании могут быть коренным образом улучшены путем искусственного введения в поглощающий комплекс различных катионов. На этом основан метод улучшения подзолистых почв известкованием.

В процессе подзолообразования почвенный поглощающий комплекс в верхней элювиальной толще разрушается, обменные катионы вымываются промывными водами в нижнюю часть профиля или за его пределы. В пахотных почвах, как и в целинных дерново-подзолистых, наиболее интенсивно выносятся обменные кальций и магний, причем известкованные почвы теряют больше оснований, чем неизвесткованные.

Увеличение обменных оснований в составе обменных катионов тесно связано с окультуриванием почвы. При длительном внесении навоза увеличиваются количество органического вещества и емкость поглощения почв, снижается обменная и гидролитическая кислотность и возрастает степень насыщенности почв основаниями.

Применение минеральных удобрений на фоне извести и навоза повышает количество поглощенных оснований в пахотном слое. С увеличением продолжительности опытов и доз применяемых удобрений процесс накопления катионов в поглощающем комплексе усиливается, а повышение количества поглощенных оснований в отдельных случаях достигает 0,5–1,0 мг-экв/100 г почвы (Жукова, 1980). Окультуривающее влияние органических удобрений, в частности навоза, в отношении повышения содержания обменных оснований в составе обменных катионов проявляется почти по всей глубине профиля пахотных почв.

Вместе с тем, по мнению Г.С. Липкиной (1979), значительное увеличение суммы поглощенных оснований по всему профилю легких дерново-подзолистых почв в результате интенсивного применения органических и минеральных удобрений свидетельствует о слабом закреплении оснований почвами и выносе их в нижележащие горизонты.

Пахотные почвы под влиянием длительного применения физиологически кислых минеральных удобрений, а также обменных реакций между почвой и растениями, в результате которых потребляются ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} , а в раствор выделяются ионы H^+ и HCO_3^+ , значительно подкисляются. Н.Ф. Гомоновой (1980) в опыте с длительным применением аммиачной селитры на кислых дерново-подзолистых почвах на одном месте отмечалось ухудшение агрохимических свойств почвы по всему метровому профилю.

В работах Г.М. Зеновой и др. (2001) длительное применение физиологически кислых минеральных удобрений на кислой дерново-подзолистой почве привело к резкому возрастанию актуальной кислотности до значения pH 3,7. Под влиянием окультуривающих агротехнических приемов гидролитическая кислотность уменьшается, а обменная кислотность снижается до практически безвредных величин.

В исследованиях В.Г. Минеева, Н.Ф. Гомоновой (2005) показано, что величина pH_{KCl} в варианте без удобрений на фоне без

внесения агрохимических средств на протяжении 50 лет оставалась стабильной (4,3–4,4), при внесении азотно-калийных удобрений отмечена тенденция к повышению кислотности почвы, а в варианте с НРК эта тенденция была менее выраженной. При известковании почвы величина pH_{KCl} резко повышалась, а в сочетании с навозом, особенно после пятикратного известкования, почва приближалась к нейтральной.

Таким образом, длительное применение органических и минеральных удобрений в сочетании с периодическим известкованием позволяет создать оптимальные параметры плодородия и свойств дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы по кислотности, сумме и составу поглощенных оснований, буферности почвы (Минеев, Гомонова, 2005).

В.Д. Абашеевым и др. (2005) также установлено, что при разных дозах удобрений агрохимические свойства пахотного слоя улучшились. Гидролитическая кислотность снизилась с 6,0 до 2,6, обменная кислотность — с 0,86 до 0,15 мг-экв/ 100 г почвы, содержание подвижного алюминия — с 7,26 до 1,05 мг/ 100 г почвы.

Кислотно-основное состояние как целинных, так и пахотных дерново-подзолистых почв в значительной степени связано с химическим составом материнских пород. Его оптимизация происходит по мере окультуривания почвы и достигает благоприятных параметров на стадии хорошей окультуренности (Иванов, 2000).

Окультуривание почв ослабляет процесс оподзоливания: уменьшается кислотность, увеличивается степень насыщенности основаниями. В подпахотном и нижележащих горизонтах выше биологическая активность, поэтому окультуренные почвы в отличие от целинных характеризуются постепенно убывающим распределением гумуса по глубине пахотного горизонта, что способствует формированию полноразвитого профиля.

1.2. Изменение свойств черноземов выщелоченных при сельскохозяйственном использовании

По мнению В.А. Хмелева и А.А. Танасиенко (2009), «черноземы — особый тип почв, который отличается наиболее высоким плодородием и неповторимыми (уникальными) экологическими функциями» (с. 151). В.В. Докучаев подчеркивал, что чернозем — типично степная почва растительно-наземного проис-

хождения и назвал его царем почв и кормильцем России (1883). Соратник В.В. Докучаева П.А. Костычев (1886) установил, что гумусовый горизонт черноземов возникает в результате переработки микроорганизмами корневых остатков степных трав. Позднее К.К. Гедройцем (1925) было выявлено, что почвенный поглощающий комплекс (ППК) черноземов насыщен преимущественно катионами кальция и в меньшей степени — магнием. Для черноземов характерно отсутствие внутрипочвенного накопления легкорастворимых солей.

По В.А. Хмелеву (1989), чернозем — это типично автоморфная почва, образовавшаяся под степной и лугово-степной растительностью в условиях умеренного атмосферного увлажнения, профиль которой не содержит легкорастворимых солей и состоит из гумусово-аккумулятивного горизонта гуматно-кальциевого состава, иллювиально-карбонатного горизонта и горизонта исходных обычно карбонатно-мелкоземистых пород. Весь облик этих почв свидетельствует о богатстве их органическим веществом.

Генетический профиль черноземов характеризуется явным накоплением в верхних горизонтах (A и AB) гумуса, обменных оснований и биогенных зольных элементов. Их мощность, как правило, составляет 40–60 см. Глубже располагается переходный горизонт B , нередко оглиненный, а чаще окарбоначенный (иллювиально-карбонатный горизонт B_k). Карбонаты, помимо мицелия, часто представлены белоглазкой или же различной величины конкрециями, нередко ожелезненными. Данный горизонт B_k постепенно переходит через горизонт BC_k в почвообразующую породу, обычно окарбоначенную (C_k). В настоящее время практически все черноземы распаханы, поэтому в верхней части их профиля морфологически выделяется горизонт A_{max} .

Согласно общепринятой «Классификации и диагностике почв СССР» (1977), черноземы разделяются на следующие подтипы: оподзоленные, выщелоченные, типичные, обыкновенные и южные. Внутри каждого подтипа выделяются роды, виды, разновидности и разряды. Пограничными типами автоморфных почв для черноземов на севере являются серые лесные почвы, а на юге — каштановые. По данным В.А. Хмелева и А.А. Танасиенко (2009), черноземы Западной Сибири относятся к сибирской черноземной фации и занимают площадь более 13 млн га (табл. 1). Наибольшая площадь черноземов характерна для Алтайского края (включая территорию Республики Алтай), а наименьшая —

для Томской области. В Новосибирской области на территории Барабы и Северной Кулунды черноземы сформированы по гривам и по вершинам других мезоповышений. Здесь преобладает подтип либо обыкновенных (в Барабе), либо южных (в Северной Кулунде). Данные подтипы черноземов часто солонцеватые и даже осолоделые. На территории Приобского плато, более поднятой и хорошо дренированной, представляющей собой широкоувалистую равнину, черноземы встречаются крупными массивами: в северной части оподзоленными, в центральной и южных частях плато — выщелоченными. В Присалаирье черноземы тоже образуют крупные массивы и представлены оподзоленными, а чаще — выщелоченными подтипами. Поэтому многие исследования проводятся на черноземах выщелоченных.

Из данных табл. 1 видно, что на территории Западной Сибири среди черноземов преобладает подтип выщелоченных. Их общая площадь составляет 4884,2 тыс. га, или 36,6 % от площади всех черноземов. Из них в пашне находится 4019,7 тыс. га, или 37,5 % от площади черноземов в составе пашни.

Черноземы выщелоченные юга Западной Сибири на целине и залежи имеют хорошо выраженную комковатую и комковато-зернистую структуру, которая при распашке быстро разрушается. По содержанию гумуса черноземы выщелоченные относятся к среднегумусным, с глубиной содержание гумусарезко снижается, что свойственно всем черноземам Западной Сибири.

Сельскохозяйственное освоение черноземов Сибири началось сравнительно недавно — в начале XIX в., т. е. несколько более 180 лет (Вараксин, Катин-Ярцев, 1986). При этом произошла смена естественного природного дернового процесса почвообразования на естественно-антропогенный (культурный) почвообразовательный процесс (агропедогенез). Антропогенные воздействия — распашка и внесение минеральных удобрений, по мнению М.И. Герасимовой и др. (2003), подобны в целом природным механическим нарушениям и поступлению органических остатков. Однако И.П. Герасимов (1986) считал, что эти антропогенные воздействия приобретают совершенно особую специфику, включающую уплотнение почвенного профиля сельскохозяйственной техникой, частое перемешивание, внесение ядохимикатов, которые изменяют численность и состав биоты и т. д.

Чернозем представляет с собой довольно устойчивую природную систему по сравнению с дерново-подзолистыми почва-

**Таблица 1. Площадь черноземов в административных подразделениях
Западной Сибири (Хмелев, Танасиенко, 2009)**

Черноземы	Площадь черноземов, тыс. га	Доля от об- щей площади, %	Площадь черноземов в составе паш- ни, тыс. га
1	2	3	4
Алтайский край и Республика Алтай			
Оподзоленные (без разделения)	553,7	2,2	384,9
Выщелоченные (то же)	2511,9	9,8	2040,6
Типичные	352,1	1,4	261,9
Обыкновенные обычные	1200,8	4,7	1035,9
То же карбонатные	460,2	1,8	369,4
Южные обычные	1021,1	4,0	944,4
То же солонцеватые	128,7	0,5	96,5
Горные оподзоленные	32,6	0,1	31,5
То же выщелоченные	344,9	1,3	31,5
То же типичные	78,2	0,3	7,8
То же обыкновенные обычные	376,3	1,5	71,6
То же карбонатные	105,3	0,4	71,6
Общая площадь	7165,8	—	
Кемеровская область			
Оподзоленные (без разделения)	343,9	3,8	236,7
Выщелоченные (то же)	973,3	10,8	729,2
Обыкновенные обычные	52,0	0,6	35,9
То же осолоделые	2,7	0,03	-
То же солонцеватые	43,3	0,5	35,8
Общая площадь	1415,2	—	1037,6
Новосибирская область			
Оподзоленные (без разделения)	311,7	1,8	285,5
Выщелоченные (то же)	721,3	4,2	678,8
Обыкновенные обычные	53,5	0,3	46,9
То же осолоделые	111,3	0,7	93,5
То же солонцеватые	161,0	0,9	147,0
То же карбонатные	7,2	0,04	5,6
Южные обычные	91,6	0,5	83,8
Обыкновенные солонцеватые в комплексе с солонцами до 25%	30,9	0,2	26,4
То же южные			
Общая площадь	1537,3	—	1500,9

1	2	3	4
Омская область			
Оподзоленные и преимущественно выщелоченные (без разделения)	274,1	1,9	248,2
Обыкновенные обычные	1693,3	12,0	1585,7
То же солонцеватые	89,0	0,6	80,0
То же карбонатные	104,6	0,7	97,2
Южные солонцеватые и преимущественно карбонатные	411,0	2,9	381,3
Обыкновенные солонцеватые в комплексе с солонцами до 25%	77,9	0,6	64,0
Общая площадь	2649,9	—	2456,4
Томская область			
Оподзоленные и преимущественно выщелоченные (без разделения)	88,0	—	52,4
Тюменская область (южная часть)			
Оподзоленные и преимущественно выщелоченные (без разделения)	315,6	2,0	270,5
Обыкновенные осолоделые	99,6	0,6	96,2
То же солонцеватые	77,7	—	435,2
Общая площадь черноземов в Западной Сибири	13349,1	—	10727,0

Примечание. Поскольку подсчет площадей черноземов проведен по почвенным картам, составленным по принципу преобладающей почвы, то приведенные данные о площадях черноземов следует рассматривать как ориентировочные.

ми. Однако во многих случаях в настоящее время агроэкологическое его состояние вызывает большую тревогу — интенсивное использование без соответствующих защитных мер приводит к их усиленной деградации (Танасиенко, 2003). Дальнейшее развитие сельскохозяйственного производства в центре российского Черноземья принципиально ограничено обострением эко-

логических проблем. Нерационально интенсивная агрогенная и техногенная эксплуатация земель в течение последних десятилетий вывела из состояния сельскохозяйственного и экологического оптимума большие площади черноземов (Щербаков, Васенев, 1994). Возрастающие негативные антропогенные воздействия на почвы сельскохозяйственных угодий привели к резкому снижению их плодородия, истощению, загрязнению, заболачиванию, засолению, разрушению эрозионными и другими процессами. Сохранение сложившейся обстановки по динамике проявления негативных процессов может привести в ближайшее время к катастрофическим последствиям (Комов и др., 1994). Формирование гумусового профиля черноземов на целине происходит за счет разложения мощных корневых систем растительности после их отмирания. При этом, по образному выражению П.С. Коссовича (1911), формируется химически стабильный почвенный профиль с высоким содержанием гумуса. В пахотных черноземах процессы, обуславливающие формирование гумусового профиля, сохраняются, но их интенсивность существенно меняется. Гумусообразование ослабевает в результате снижения количества растительных остатков, поступающих в почву и на почву, а также несовпадения зон максимального накопления биомассы и интенсивной микробиологической деятельности.

С ухудшением гумусного состояния почв изменяется их азотный фонд. В его составе снижается абсолютное содержание как легко-, так и трудногидролизующихся соединений азота. При этом относительное содержание трудногидролизующихся фракций возрастает, так как почва обедняется подвижными фракциями соединений азота. Снижается и содержание общего и подвижного фосфора (Антропогенная ..., 2000).

Потери гумуса отражаются на структурном состоянии черноземов. При сельскохозяйственном использовании в нем отчетливо прослеживается увеличение глыбистости в верхней части гумусово-аккумулятивного горизонта и снижение количества агрономически ценных структурных агрегатов (Буянкин, Слесарев, 2004).

Ведущим процессом формирования черноземов является дерновый, сущность которого заключается в накоплении гумуса, аккумуляции биофильных элементов и формировании водопрочной структуры под воздействием травянистой растительности. В черноземах для гумусообразования складываются оптимальные условия:

- высокое количество ежегодного опада (8–20 т/га);
- преобладающая часть опада (более 60%) поступает в почву в виде корней;
- высокое содержание оснований и азота в составе опада;
- высокое содержание оснований в почвообразующих породах;
- насыщенная кальцием и магнием минеральная часть почв и близкая к нейтральной реакция среды;
- умеренная биологическая активность;
- ярко выраженная контрастность режима влажности при периодически промывном водном режиме (Ганжара, 2001).

В условиях нарастающей интенсификации сельскохозяйственного производства одной из наиболее актуальных стала проблема сохранения гумуса. Для большинства почв его содержание является основным критерием плодородия (Гниненко и др., 1998).

Одним из основных путей сохранения плодородия почв и повышения продуктивности агроценозов является рациональное применение минеральных и органических удобрений. Ежегодное внесение удобрений в почву оказывает сильное воздействие на процессы, протекающие в ней. Прежде всего, внесение удобрений изменяет реакцию среды, микробиологическую активность почвы и связанные с ними биохимические реакции, оказывает существенное влияние на водно-физические и другие свойства почвы, определяющие ее основное свойство — плодородие. Длительное и систематическое применение органических удобрений отдельно и в сочетании с минеральными оказывает непосредственное влияние на изменение морфологического строения почвенного профиля. Окраска верхних горизонтов изменяется от светлой до темной, улучшается структура, увеличивается мощность гумусового слоя.

Содержание гумуса в черноземах постепенно убывает книзу, что соответствует характеру распределения корневых систем травянистой растительности (Фатьянов, Тайчинов, 1972). Наиболее точные сведения об изменении гумусового состояния почвы под влиянием удобрений получены в длительных стационарных опытах. Для условий Сибири имеются материалы 20-летнего опыта на Мариинской опытной станции (Дружинин, 1958; Самойлов, 1970), показавшие положительное влияние систематического внесения навоза и минеральных удобрений на содержание гумуса в выщелоченном черноземе. На стабилизацию и поддер-

жание исходного уровня содержания гумуса в черноземах при систематическом применении удобрений указывается в работах С.С. Трофимова (1975), И.Н. Лебедевой (1985), Л.А. Шамрай (1985). В то же время имеются сведения об уменьшении содержания гумуса в черноземных почвах при внесении минеральных удобрений (Ивченко, 1982; Алмазов, Холуяко, 1990). Такая неоднозначность результатов исследований, по-видимому, обусловлена не только различными агротехническими, но и природно-климатическими условиями (Храмцов, Безвиконный, 1998).

Систематическое внесение органических удобрений способствует более интенсивному и более высокому накоплению гумусовых веществ в черноземах. Применение навоза на черноземах выщелоченных позволило получить прирост гумуса до 20 %, на обыкновенных — до 16, на южных — до 12 % (Гамзиков, Кулагина, 1992). Минеральные удобрения, по мнению И.И. Синягина (1980), не оказывают существенного влияния на общее содержание гумуса. Внесение различных количеств минеральных удобрений не остановило потерь гумуса, хотя в количественном отношении они были несколько меньше, чем в контрольном варианте. В пахотном горизонте уменьшение содержания гумуса составило 14,5–27,7% (17,6–33,6 т/га), в подпахотном — 3,1–29,6% (3,7–35,9 т/га). Накопление гумуса в количестве 5,0–6,7 т/га (4,1–5,5%) в пахотном горизонте отмечено только в вариантах с ежегодным внесением органических удобрений отдельно и совместно с минеральными, в подпахотном — 4,9 т/га (4,0%) в варианте с внесением компоста (Гладких, Сирота, 2002).

В стационарном опыте за 4 ротации 6-польного зернопарового севооборота содержание гумуса в слое почвы 0–20 см при внесении небольших доз ($N_{28}P_{45}$) минеральных удобрений увеличилось по сравнению с исходным на 0,38%, а по сравнению с неудобренным вариантом — на 0,56%. Достоверные изменения в содержании гумуса под влиянием удобрений происходили не только в пахотном (0–20 см) слое, но и в подпахотном (20–40 см). В последнем после третьей ротации содержание гумуса в удобренных вариантах увеличилось на 0,20–0,31% (Храмцов, Воронкова, 2005).

Активное поступление органического вещества с удобрением и биомассой растений создает энергетический резерв как для процессов мобилизации, так и гумификации. Проблема поддержания бездефицитного баланса гумуса в почвах весьма актуальна

для сибирских условий. Активное антропогенное вмешательство в почвообразовательный процесс в большинстве случаев ведет к негативным последствиям и, в частности, к потере гумуса (Гамзиков, Кулагина, 1992).

В.А. Королевым и Л.Д. Стахурловой (2004) установлено, что длительное систематическое применение удобрений в разумных дозах и соотношениях на черноземах выщелоченных не приводит к существенным изменениям их гранулометрического и микроагрегатного составов. По результатам структурного анализа выявлено значительное содержание агрономически ценных макроагрегатов размером от 10 до 0,25 мм, количество которых в пахотных горизонтах всех исследуемых делянок колебалось в пределах 69–80%. Среди них большая часть приходилась на долю агрегатов размером от 5 до 1 мм (34–56%). Коэффициент структурности варьировал от 2,1 до 4,0.

Совместное внесение органических и минеральных удобрений оказало наиболее значительное положительное влияние на агрегатный состав черноземов. Б.Н. Алмазовым и Л.Т. Холуяко (1993) установлено, что кроме возделывания в севообороте многолетних трав положительное влияние на структурно-агрегатный состав почвы оказывает систематическое влияние навоза. Десятилетнее применение как органических, так и минеральных удобрений привело к повышению в гумусном слое (0–40 см) ценных структурных фракций. Агрегатный анализ показал, что совместное внесение минеральных и органических удобрений и их последствие привело к увеличению количества водопрочных агрегатов, а также к улучшению водно-физических свойств черноземов выщелоченных (уменьшению плотности почвы, увеличению общей породности и капиллярной влагоемкости).

При внесении минеральных удобрений водопрочность агрегатов изменяется меньше, чем органоминеральных. Содержание водопрочных агрегатов размером 0,5–0,25 мм при внесении минеральных удобрений в сравнении с неудобренным вариантом снизилось на 2–9 %, при внесении органических удобрений увеличилось на 65–75, органоминеральных — на 64 % (Шконде, Благовещенская, 1982). Водно-физические свойства чернозема выщелоченного, по данным В.И. Гладких и С.М. Сироты (2002), в вариантах различной степени удобренности меняются слабо независимо от окультуренности. Можно лишь говорить о некоторой тенденции к их улучшению при внесении минеральных и осо-

бенно при совместном внесении минеральных и органических удобрений.

По данным А.Н. Власенко, В.Н. Слесарева (2004), длительное антропогенное воздействие на черноземы выщелоченные привело к следующим изменениям:

- в слое почв 0–20 см по сравнению с целиной содержание агрономически ценной фракции (0,25–10 мм) увеличилось на 11,4%;

- в пахотном слое количество водопрочных агрегатов (> 0,25 мм) снизилось на 37,4, а подпахотном слое — на 8,1 %.

Отмечено незначительное улучшение основных физических и водно-физических свойств выщелоченных черноземов от совместного применения навоза и минеральных удобрений. В то же время установлена тенденция к ухудшению основных водно-физических показателей черноземов при использовании высоких доз минеральных удобрений (NPK)₁₉₀. Показатель гидролитической кислотности, наоборот, увеличивается. Уменьшение емкости катионного обмена обусловлено, в первую очередь, потерей кальция, который способствует созданию в почве благоприятных физических, физико-химических и биохимических свойств (Королев, Стахурлова, 2004).

Внесение удобрений, особенно систематическое и высокими дозами, сопровождается изменениями физико-химических свойств почв. Систематическое внесение удобрений на черноземах вызывает заметное их подкисление, возрастающее по мере увеличения доз удобрений и продолжительности опыта. В связи с ограниченным выпадением осадков в степной зоне и нестабильным промывным водным режимом физико-химические свойства черноземов изменяются главным образом в пахотном и подпахотном горизонтах. Сумма и состав поглощенных оснований в черноземах меняются мало в связи с высокой насыщенностью поглощающего комплекса основаниями и близким к поверхности залеганием карбонатов (Жукова, 1980).

Систематическое применение удобрений способствовало снижению величины гидролитической кислотности, что, в свою очередь, вызвало обогащение почвы поглощенными основаниями (Гладких, Сирота, 2002). Внесение органических и минеральных удобрений повышало величину pH_{KCl} почвы (Муха, Лазарев, 2003).

Наблюдения Н.Г. Мязина (1997) за изменением показателей почвенной кислотности на черноземе выщелоченном показали, что

в течение первой ротации парозернопропашного севооборота в варианте без внесения удобрений произошло подкисление почвы: величина рН в слое 0–20 см снизилась с 5,5 до 5,2, гидролитическая кислотность возросла с 5,2 до 5,7 мг-экв/ 100г почвы, а степень насыщенности основаниями уменьшилась с 85 до 82 %. Внесение навоза, как в чистом виде, так и в комплексе с одинарной дозой минеральных удобрений, способствовало поддержанию показателей почвенной кислотности примерно на исходном уровне, тогда как при добавлении к навозу двойной дозы NPK показатели почвенной кислотности ухудшились: величина рН снизилась с 5,5 до 5,2, гидролитическая кислотность возросла с 6,0 до 6,8 мг-экв/ 100 г почвы, а степень насыщенности основаниями уменьшилась с 82 до 75%.

1.3. Изменение свойств южных черноземов и каштановых почв под влиянием сельскохозяйственного использования

Кулундинская степь расположена в южной степной части Западно-Сибирской равнины, в междуречье Оби и Иртыша. Административно она входит в пределы Алтайского края, Новосибирской области РФ и Павлодарской области Казахстана (Панфилов, 1973).

В Кулундинской степи в соответствии с зональностью биоклиматических условий довольно четко выражена зональность почвенного покрова, проявляющаяся в закономерной смене почв с юга на север, а также с запада на восток (Горшенин, 1955 и др.).

Выделяются в основном две почвенно-биоклиматические зоны:

- 1) каштановые почвы сухой степи;
- 2) черноземы засушливой и умеренно засушливой степи.

Зона каштановых почв сухой степи расположена на юго-западе и западе описываемой территории. Административно она охватывает более половины правобережья Павлодарской области (Республика Казахстан) и западную часть Алтайского края (Россия). Эта зона наиболее засушливая, она включает в себя Центрально-Кулундинскую депрессию, для которой характерны большие запасы высококачественных подземных вод. Геоморфологически данная зона приурочена к Павлодарскому плато, Центрально-Кулундинской депрессии и южной части Прииртышского понижения. Она в целом представляет собой плоскую или слабоволнистую равнину с двумя ложбинами древнего стока на юго-западе, а

в северо-западной и юго-восточной части — гривными повышениями и озерными депрессиями, занятыми минерализованными озерами (Гнатовский, 2003). По данным Д.И. Абрамович (1960), средние уклоны данной территории составляют примерно 2° , что свидетельствует о почти предельной равнинности ее поверхности.

1.4. Изменение свойств солонцов при мелиорации и сельскохозяйственном использовании

Засоленные почвы, в том числе солонцы и солонцеватые, широко распространены на континенте. Они встречаются в 100 странах мира, однако наибольшие массивы заняты ими в зонах степей, полупустынь и пустынь. Засоленные почвы при этом различаются по свойствам, генезису, а следовательно, по методам мелиорации, что вызывает различия в их освоении, рациональном использовании и борьбе с засолением (Панкова и др., 2006).

Засоленные почвы в пределах сельскохозяйственных угодий юга Западной Сибири, по данным на 1996 г., занимают 17,6 % территории, в том числе среди пахотных земель — 8,4 % (табл. 2). Почвы солонцовых комплексов составляют 21,5 % на землях сельскохозяйственных угодий и 16,7 % — в пашне. Наибольшие площади засоленных, в том числе солонцовых почв — в Новосибирской и Омской областях.

В Западной Сибири сотрудниками научных учреждений разработаны приемы освоения солонцовых почв в пашне, на сенокосах и пастбищах. Эти глубокие всесторонние исследования проводились и частично проводятся в настоящее время в Сибирском НИИ кормов под руководством доктора сельскохозяйственных наук М.Д. Константинова (2000), в Сибирском НИИ земледелия и химизации (Семендяева, Добротворская, 2005), в Сибирском институте механизации и электрификации (Кулебакин, 1981), в Омском ГАУ (Березин, 2005) и др. В основном научные исследования и их внедрение в практику ведутся в нескольких направлениях:

- 1) химическая мелиорация солонцов в пашне;
- 2) послойная обработка сенокосов и пастбищ;
- 3) фитомелиоративные мероприятия;
- 4) самомелиорация.

Наиболее дорогостоящим и трудоемким приемом мелиорации является химический. Он основан на внесении на солонцы

Таблица 2. Распространение почв солонцовых комплексов в пределах сельскохозяйственных угодий (А) и пашни (Б) Западно-Сибирского экономического района по данным на 01.01.1996 г. (Качественная1996), тыс. га

Административно-территориальная единица	Использование	Площадь	Обследованная площадь	Площадь почв солонцового комплекса			
				всего (в скобкахх — % от обследованных земель)	в том числе (в скобкахх — % от площади засоленных почв)		
					< 20 %	20-50 %	> 50 %
Западно-Сибирский регион	А	29754,2	29243,8	6396,3 (21,5)	2368,5 (37,0)	891,4 (13,9)	3136,4 (49,0)
	Б	18240,4	18216,9	2931,9 (16,1)	1480,6 (50,5)	487,6 (16,6)	963,7 (32,9)
Алтайский край	А	9089,4	9082,4	807,2 (8,9)	367,6 (45,5)	145,3 (18,0)	294,3 (36,5)
	Б	6560,4	6555,3	323,7 (4,9)	217,4 (67,2)	64,7 (20,0)	41,6 (12,9)
Республика Алтай	А	1267,3	1079,4	—	—	—	—
	Б	138,5	138,5	—	—	—	—
Кемеровская область	А	1994,6	1968,4	63,4 (3,2)	56,7 (89,4)	1,1 (1,7)	5,6 (8,8)
	Б	1452,2	1452,2	46,8 (3,2)	44,6 (95,3)	0,5 (1,1)	1,7 (3,6)
Новосибирская область	А	7285,6	7284,5	3013,1 (41,4)	1385,7 (46,0)	1108,9 (3,6)	1518,5 (50,4)
	Б	3685,4	3684,4	1349,2 (36,6)	938,7 (69,6)	48,9 (3,6)	515,5 (50,0)
Омская область	А	5924,8	5924,8	1948,5 (32,9)	313,4 (16,1)	582,7 (29,9)	1052,4 (54,0)
	Б	4148,8	4148,8	1030,5 (24,8)	151,8 (14,7)	363,2 (35,2)	515,5 (50,0)
Тюменская область	А	2900,6	2900,6	564,1 (19,4)	255,1 (45,2)	43,4 (7,7)	265,6 (47,1)
	Б	1608,4	1608,4	181,7 (11,3)	128,1 (70,5)	10,3 (5,7)	43,3 (23,6)

химических мелиорантов — гипса и фосфогипса. В Западной Сибири наиболее успешно этот прием внедрен в Омской области. По данным Л.В. Березина (2005), технология выборочного гипсования рекомендована на площади 276 тыс. га, что составляет 29 % солонцовых почв, используемых в пашне. В течение 1985–1993 гг. она внедрена на площади 215 тыс. га в 125 хозяйствах области. На мелиорированных почвах хозяйствами области получено дополнительно 186 тыс. т кормовых единиц при суммарной прибавке урожая зерна 1 т/га.

Наиболее ранние исследования по данному вопросу проведены в Челябинской области О.З. Еремченко (1986, 1997). Ею восстановлены опыты по химической мелиорации солонцов, заложенные А.И. Обориным в 1932 и в 1960–1963 гг., и установлено, что на фоне повторяющихся многолетних миграционных процессов рассоления и засоления положительное влияние химической мелиорации на свойства гидроморфных и полугидроморфных солонцов сказывается по-разному в зависимости от типа засоления и мощности горизонта А. На средних и мелких солонцах сульфатного засоления на фоне безотвальной обработки последствие гипсования продолжается более 7–11 лет и около 8 — на отвальной, на глубоких гидрокарбонатных и корковых хлоридно-сульфатных — более 20 лет, а средних гидрокарбонатных — более 50 лет.

Исследования по изучению длительности действия одноразового внесения химических мелиорантов проводятся в Омской области Л.В. Березиным (2005). Им, в частности, установлено, что фосфогипс, внесенный на солонцы Малиновского опорного пункта в 1984 г., продолжает проявлять свое положительное действие на 18-й год после мелиорации. С годами действие одноразового внесения гипса в дозе 12 т/га продолжается и его эффективность даже возрастает.

Послойная обработка сенокосов и пастбищ разработана П.Г. Кулебакиным (1981). При этом вначале ведется предварительная поверхностная обработка верхнего горизонта А солонцов фрезами или дисковыми орудиями, а затем проводится глубокое безотвальное рыхление (до 35 см) стойками СИБИМЭ. При такой обработке в почве создаются благоприятные условия для развития растений, и их урожайность существенно повышается. В отличие от химической мелиорации послойная обработка не столь

долговечна. Через 5–7 лет первоначальные отрицательные свойства солонцов восстанавливаются, и данный прием необходимо повторять снова (Яковлев, 1989; Константинов, 2000).

Самомелиорация проводилась на лугово-степных и степных солонцах, в верхних слоях (0–40 см) которых содержится значительное количество гипса или карбонатов кальция (от 15 до 60 т/га). Она включает два вида обработки — плантажную и ярусную вспашки, которые проводятся специальными плугами ПТН–3–40, ПТН–4–40 и ПЯС–1,4. Длительность этих мелиоративных приемов сохраняется в течение десятков лет.

Все мелиоративные приемы — дорогостоящие и затратные, но высокоокупаемые. Они позволяют на длительное время повысить плодородие солонцов и урожайность возделываемых культур. Поэтому во всех странах, где данные почвы распространены (Канада, США, Индия и др., включая бывший Советский Союз), мелиоративные приемы проводились и проводятся за счет средств госбюджета (Новикова, 2004).

В новых экономических условиях научно обосновано применение ресурсосберегающих технологий. При этом на первое место выдвигается проблема внедрения адаптивно-ландшафтных систем земледелия, в основе которых лежит детальное изучение структуры почвенного покрова пахотных земель и дифференциация технологии их использования (Добротворская, 2009). Такой подход к использованию территории требует исключения из пашни тех солонцовых комплексов, которые расположены по долинам древнего стока, по берегам засоленных озер и болот. Однако большинство солонцовых комплексов черноземной зоны исключить из пашни невозможно, так как они во многих хозяйствах региона занимают от 60 до 80 % пашни (Семендяева, Добротворская, 2005). Поэтому они по-прежнему нуждаются в проведении мелиоративных мероприятий. Одноразовое внесение мелиорантов надолго обеспечивает повышение их плодородия и высокую стабильную урожайность сельскохозяйственных культур.

Ученые СО РАСХН широко пропагандировали и внедряли на солонцовых почвах безотвальную обработку на глубину 25–27 см стойками СибИМЭ один раз в ротацию — на глубину 40–45 см. Это тоже мелиоративный прием, который позволяет резко снизить засоление почвенного профиля и повысить урожайность сельскохозяйственных культур (Яковлев, 1989; Константинов, 2000).

2. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В настоящем разделе описываются основные природные особенности территории Западной Сибири, где проводились исследования, которые предопределили специфику и пространственную изменчивость свойств почвообразующих пород и почв, растительности и вод и ее почвенно-геохимические особенности.

2.1. Географическое положение, геологическое строение и рельеф поверхности юга Западной Сибири

Западно-Сибирская равнина — одна из величайших низменных равнин Земли, протянувшаяся с севера на юг более чем на 3400 км, а с запада на восток — почти на 2000 км. Она четко обособлена от окружающих территорий и представляет собой аккумулятивную поверхность, замкнутую горным обрамлением с запада, востока и юга и открытую на север, в сторону Северного Ледовитого океана (Равнины ..., 1975). Горные обрамления равнины представлены на западе Уральскими горами, на востоке — Среднесибирским плоскогорьем с Енисейским кряжем, на юге — Казахским мелкосопочником, на юго-востоке — Алтае-Саянской складчатой областью.

В облике современных геоморфологических структур равнины и форм ее рельефа унаследованы черты древних этапов развития территорий в виде реликтов — денудационных и аккумулятивных поверхностей выравнивания, древней речной сети (ложбины стока) и т. д. В строении поверхности геоморфологических структур, литологических особенностях покрывающих их толщ осадочных отложений, на которых сформировался современный почвенный покров низменности, хорошо видны следы активных преобразований поверхности, вызванных тектоническими движениями, изменениями климата и другими геохимическими процессами.

Строение поверхности и история формирования различных орографических и геоморфологических структур Западной Сибири подробно рассмотрены в специальной литературе (Архипов, 1971; Равнины ..., 1975; Вдовин, 1976). В данной работе мы остановимся на природных особенностях тех областей, где выполнялись исследования, — Томской, Новосибирской и Алтайского края (рис. 1).



Рис. 1. Местоположение изучаемых почвенных разрезв

Томская область, на территории которой в Колпашевском районе расположена Нарымская селекционная опытная станция, где нами отобраны почвенные образцы, располагается в бассейне среднего течения реки Оби. По общей площади земель Томская область занимает в Западной Сибири второе место после Тюменской. Однако значительная её часть (свыше 50 %) занята лесами, обычно в разной степени заболоченными, болотами и торфяниками (Хмелев и др., 2001). По оценке некоторых исследователей (Львов, 1991 и др.), прогрессирующим болотным процессом охвачено более половины площади земель области. По данным Л.И. Инишевой и др. (1995), территория

Большого Васюганского болота, относимого к Васюганскому плато (примерно 5 млн га) ежегодно увеличивается на 1800 га.

Верхняя часть минеральной толщи **Васюганского плато** представлена рыхлыми палеогеновыми и неогеновыми отложениями — аллювиальными песчаными, слоистыми песчано-супесчаными и озерными, преимущественно глинистыми. Эти отложе-

ния перекрыты сравнительно небольшой толщей четвертичных осадков, состоящих из делювиальных и субэразальных суглинков, в различной степени окаربоначенных. Наиболее тяжелые по гранулометрическому составу глинистые породы залегают в центральной зоне Васюганского плато, а в краевых его частях и на гривах состав пород более легкий, нередко песчано-супесчаный. Вторую надпойменную террасу речных долин слагают опесчаненные суглинки, тогда как первая надпойменная терраса представлена тяжелыми суглинками.

Большая часть территории правобережья Томской области, или Обь-Иртышского междуречья, относится к **Кеть-Тымскому плато**. Поверхность плато характеризуется небольшим расчленением с чередованием плоскогровистых форм рельефа и ложбин древнего стока. В пределах этих форм хорошо выражены мелкие термокарстовые западины, образовавшиеся за счет деградации многолетней мерзлоты. Они полностью заняты торфяниками разной мощности (Земцов, Евсеева, 1983). Кеть-Тымское плато сложено мощными озерными и аллювиальными отложениями, которые представлены супесями, суглинками-супесями с неравномерной слоистостью. Подобная пестрота отложений наиболее выражена в пределах ложбин стока и на низких, плоских водоразделах. На более поднятых поверхностях озерные и аллювиальные отложения перекрыты сравнительно однородными суглинками лессовидного типа. Здесь повсеместно преобладают торфяные залежи, нередко большой мощности. В формировании современного строения Кеть-Тымского плато ведущая роль принадлежит торфонакоплению. Особенно активно процессы торфонакопления протекают в ложбинах стока, где заболоченность достигает 70 % и более, а заболоченность плоских водоразделов и речных долин составляет 50 % и более (Инишева и др., 1995).

К юго-востоку Кеть-Тымское плато сменяется **Чулым-Енисейским плато**. Оно представляет собой довольно расчлененную территорию за счет более интенсивного поднятия Кузнецкого Алатау на юге и Енисейского кряжа на востоке. Данное плато характеризуется плоскоравнинным рельефом с уклоном на северо-запад и представляет собой наклонную эрозионно-денудационную равнину со значительным долинно-балочным расчленением. Четвертичные отложения здесь имеют незначительную мощность, сложены лессовидными суглинками, в разной степени обогащенными карбонатами, которые служат почвообразующи-

ми породами. Степень заболоченности плато низкая — 10–20 % (Инишева и др., 1995).

Колывано-Томская возвышенность — наиболее поднятая и расчлененная дренированная часть Томской области. Абсолютные высоты основных водоразделов достигают 150–240 м. На ней озерно-аллювиальные бескарбонатные отложения в четвертичный период были перекрыты лессовидными карбонатными суглинками, которые являются почвообразующими породами для современных почв. Их мощность небольшая — от 2,5–3 м на вершинах водоразделов до 5,5–6,5 м в аккумулятивных формах.

Вдоль современной долины реки Оби в пределах области выделяются четвертичные аллювиальные и аллювиально-террасовые равнины, сложенные рыхлыми четвертичными отложениями озерно-аллювиального и аллювиального генезиса. Строение данной поверхности довольно спокойное с уклоном к современной долине реки. В настоящее время аллювиальные и аллювиально-террасовые равнины в разной степени заозерены и заболочены.

Современная долина реки Оби с долинами ее притоков кроме поймы имеет четыре надпойменные террасы, которые проявляются не на всем протяжении долины. Аллювиальные отложения здесь отличаются значительной неоднородностью. Русловый аллювий состоит из разнозернистых песков и супесей с небольшой примесью крупной пыли и ила. В пойменном аллювии преобладают суглинки и глины, которые характеризуются высоким содержанием органического вещества, обменных оснований и низкой величиной pH.

Таким образом, территория Томской области имеет в общем равнинный характер рельефа, однако в результате большой оводненности, заболоченности, слабой дренированности и, как будет показано далее, повышенного атмосферного увлажнения при слабом испарении, сельскохозяйственное использование территории сосредоточилось в речных долинах и по дренируемым придолинным массивам.

Приобская возвышенная равнина (Приобье), находящаяся в пределах Новосибирской области и Алтайского края, подразделяется многими исследователями на Новосибирское Приобье и Алтайское Приобье (Почвы..., 1966; Магаева, 2000; Сысо, 2007 и др.). Здесь находились объекты наших исследований (см. рис. 1).

Новосибирское Приобье представляет собой полого-увалистую равнину с абсолютными отметками поверхности 165–230 м, протянувшуюся полосой в 40–60 км с юга на север на 250–300 км вдоль левого берега реки Оби, к которой спускается коротким и крутым склоном, расчлененным оврагами и балками. С запада и севера равнина граничит с Барабинской низменностью, а с юга — с Кулундинской равниной. Геологические отложения представлены делювиально-пролювиальными и аллювиальными осадками, которые накопились в результате тектонических и эрозионных процессов с Алтае-Саянской складчатой области. Существенное влияние на формирование рельефа и толщи лессовидных пород Приобья оказали эоловые процессы, в результате которых ветром приносился материал из Кулунды, Барабы, Казахстана и в целом из Средней Азии.

Алтайское Приобье — пологая возвышенная равнина с абсолютными высотами 200–300 м, расположенная вдоль левобережья реки Оби в Алтайском крае. Восточный её край круто обрывается к обской долине, а западнее плавно спускается в Кулундинскую равнину. Северная часть плато ограничивается древней ложбиной стока, по которой протекает река Бурла, а южная смыкается с предгорьями Алтая.

Главной особенностью рельефа Алтайского Приобского плато являются ориентированные в северо-восточном направлении увалы, которые отделяются друг от друга широкими древними ложбинами стока. Ширина увалов колеблется от 15 до 50–70 км, а ложбин — 10–25 км. Относительная разница высот составляет 100–150 м. Ложбины выражены более-менее четко и придают территории слабоволнистый характер. К ним приурочены долины современных рек — Кулунды, Касмалы, Барнаулки, Алея.

Барабинская низменность (Бараба) — наиболее пониженная волнистая аккумулятивная равнина в Обь-Иртышском междуречье. Она занимает огромную площадь – 11,7 млн га. На севере граничит с Васюганским плато, где расположено самое большое в мире Васюганское болото, на западе — с Прииртышским увалом, протяженность которого свыше 500 км. Он лишь в двух местах прорезается реками Омью и Тарой, по которым в основном происходит поверхностный сток с территории Барабы. На востоке Барабинская низменность смыкается с Приобским плато, а на юге плавно переходит в Кулундинскую степь.

В конце мезозоя – начале палеозоя данная территория была покрыта морем, которое, отложив мощные осадки, медленно отступало и в олигоцене совсем освободило территорию (Рихтер, 1963). Как следствие присутствия моря, в Барабе широко распространены морские отложения, богатые легкорастворимыми солями, способствующие засолению грунтовых вод. Морские отложения в последующие периоды подвергались размыванию и переотложению, что привело к формированию довольно сложного микрорельефа поверхности территории и различной степени засоления пород. Кроме того, значительная часть солей на территории низменности обязана поступлению с окружающих горных систем и последующей аккумуляции в рыхлых континентальных породах. Освобождение солей происходило также в процессе выветривания горных пород и почвообразования (Базилевич, 1965).

В геоморфологическом отношении Бараба представляет собой замкнутую двухступенчатую котловину с общим уклоном с северо-востока на юго-запад. Рельеф низменности равнинный с хорошо выраженным мезо- и микрорельефом. Абсолютные высоты ее колеблются от 105 до 150 м. И.Н. Угланов (1981) делил Барабу на четыре геоморфологических района: Прииртышские увалы (высота 120–150 м), Приомская равнина (120–130 м), Причановская депрессия (100–120 м) и Восточно-Барабинская равнина (120–140 м). Характерным элементом рельефа являются гряды, вытянутые с северо-востока на юго-запад, а также широкие межгрядные понижения с большим количеством озер и болот. По мнению А.П. Сляднева (1970), Барабинская низменность в четвертичный период была ареной активного воздействия озерных и речных вод ледникового происхождения, и вследствие эрозионно-аккумулятивных процессов сформировался такой своеобразный грядный рельеф.

В Барабе отмечены области прогрессивного рассоления и засоления. Для первых характерны незасоленные или слабозасоленные породы, а для вторых — сильно засоленные, преимущественно сульфатами, хлоридами и карбонатами (содовое засоление). К области прогрессивного рассоления относятся территории, прилегающие к Приобскому плато, и территории северной Барабы, прилегающие к Васюганскому плато. Незасоленные или слабозасоленные породы образовались на положительных элементах рельефа, гривах и водораздельных увалах. В области прогрессивного засоления преобладают пониженные элементы рельефа.

Рыхлые четвертичные породы в Барабе, по данным И.Е. Угланова (1981), представлены преимущественно аллювиальными и субаэральными отложениями. Наиболее распространены последние, мощность которых достигает 5–15 м. Они в различной степени засолены. В зоне дренажа соли в процессе почвообразования вымывались. В местах, где дренаж отсутствовал, соли сохранились и оказывают влияние на современный почвообразовательный процесс.

Н.И. Базилевич (1965) отмечала, что в эпоху голоцена принос солей с продуктами выветривания извне в Барабинскую низменность прекратился и ведущее значение приобрело их перераспределение. Засоление на территории Барабы происходило и происходит не только за счет геологических запасов солей, но и за счет поверхностных стоков и осадков, в том числе и современных. Перераспределение солей по элементам рельефа предопределяет разнообразие формирующихся солонцовых комплексов (Панин, 1979; Казанцев, 1998).

Кулундинская равнина (Кулундинская депрессия, Кулундинская степь, Кулунда) представляет собой слабоволнистую равнину с абсолютными отметками поверхности от 100–150 м на севере до 200–250 м на юге. Она расположена на юге Обь-Иртышского междуречья и граничит на востоке и юго-востоке с Приобским плато, на юго-западе и западе — с Предалтайской равниной, Балаганским увалом и долиной Иртыша, на севере — с Барабинской низменностью, геоморфологическая граница с которой выражена слабо (Краткая..., 1961, с. 405).

Волнистую поверхность Кулунде создают древние ложбины стока, имеющие начало на Приобском плато и рассекающие поверхность равнины в юго-западном направлении, а также хорошо выраженные на водораздельных пространствах гривы высотой до 40–60 м и шириной 0,5–2 км, вытянутые с северо-востока на юго-запад, и широкие межгивные понижения. К древним ложбинам стока приурочены реки Кулундинского бассейна — Бурла и Кулунда, а также цепочки озер с различной степенью минерализации вод (от пресных до горько-соленых) и различным типом засоления. На водораздельных территориях встречаются многочисленные высохшие озерные котловины, покрытые пылящими солевыми отложениями.

Кулундинская равнина является транзитной территорией, через которую по древним ложбинам стока стекали последнедне-

вые воды с гор Алтая. Здесь оставались песчаные фракции, переносимые водами, а более тонкие частицы мигрировали в сторону Иртыша и Барабы. Поэтому большая часть территории Кулунды покрыта рыхлыми однородными или слоистыми песчаными, супесчаными и глинисто-иловатыми четвертичными аллювиальными отложениями, служащими почвообразующими или подстилающими породами. Песчаные породы тяготеют к древним ложбинам стока, а более тяжелые — к междуречьям и устьям ложбин стока. Основной особенностью почвообразующих пород Кулунды является их слоистость по гранулометрическому составу, обусловленная аллювиальным генезисом (Ковалев и др., 1967).

В Кулунде на формирование рельефа, почвообразующих пород и почв оказали большое влияние эоловые процессы. В настоящее время здесь происходит сильная дефляция пахотных почв, которая не только снижает их плодородие, но и вызывает загрязнение атмосферы тонкодисперсными частицами почв и солей и переносит их на территорию Барабы и Приобского плато.

2.2. Особенности климата

Климат является природным фактором, который оказывает существенное влияние как на почвообразовательный процесс на стадии формирования почв, так и на последующую их трансформацию при антропогенном воздействии. Особенности климата территорий, прежде всего соотношение осадков и тепла, влияют на растительный покров, его продуктивность, направление и интенсивность процессов почвообразования, подвижность, миграцию и аккумуляцию химических элементов в почвах и ландшафтах, степень и характер минерализации поверхностных, грунтовых и подземных вод.

Современный климат Западной Сибири — резко-континентальный с хорошо выраженной широтной зональностью в пределах равнинной части, проявляющейся в цикличности. Гидротермические характеристики и основные показатели климата изученных природных районов приведены в табл. 3 и 4.

Для климата территории Западной Сибири характерны антициклональная малооблачная погода, высокие значения солнечной радиации, низкие зимние и высокие летние температуры, преобладание летних осадков над зимними. Климат Западной Сибири

Таблица 3. Гидротермическая характеристика некоторых природных районов Западной Сибири (Сляднев, 1974; Сысо, 2007)

Природный район	Природная зона (подзона)	Гидротермическая характеристика климата
Центральная часть Васюганской равнины	Тайга южная	Холодный, избыточно влажный
Юг Васюганской равнины	Подтайга	Холодный, влажный
Север Барабы, Ишимской равнины, Обь-Чулымское плато	Лесостепь северная	Умеренно холодный, умеренно влажный
Юг Барабы, Приобское плато, Ишимская равнина	Лесостепь южная	Умеренно теплый, недостаточно влажный
Кулунда, Ишимская равнина	Степь колючая и типичная	Умеренно теплый, умеренно засушливый
Юг Кулунды и Ишимской равнины	Степь сухая	Теплый, засушливый

Таблица 4. Показатели климата природных зон равнинных территорий Западной Сибири (Сысо, 2007)

Показатели	Тайга южная и подтайга	Лесостепь		Степь	
		северная	южная	колючая и типичная	сухая
Радиационный баланс (годовой), ккал/см ²	20–30	30–32	32–36	36–40	40–42
Сумма температур воздуха выше 10°C	1600–1800	1800–1900	1900–2000	2000–2200	2200–2400
Сумма температур выше 10°C в слое почвы 0–20 см	1400–1700	1700–1800	1800–2000	2000–2400	2400–2600
Испаряемость (годовая), мм	350–400	400–450	450–550	550–600	600–650
Осадки (годовые), мм	550–450	450–400	400–350	350–300	300–200
Разность осадков и испаряемости (годовая), мм	+(150–50)	– (0–50)	– (50–200)	– (200–300)	– (300–450)
Коэффициент увлажнения	1,4–0,9	0,9–0,6	0,6–0,5	0,6–0,4	0,4–0,2
ГТК по Докучаеву–Иванову	1,4–0,1	1,0–0,8	0,8–0,7	0,7–0,4	0,4–0,2
ГТК по Слядневу–Сенникову	2,0–1,4	1,4–1,1	1,1–0,9	0,9–0,6	0,6–0,4
ГТК по Селянинову	>1,3	1,3–1,1	1,1–0,9	0,9–0,8	0,7–0,4

Примечание. «+» — избыток осадков, «–» — дефицит осадков.

стал континентальным, по современным представлениям, примерно 2,5 млн лет тому назад, когда возникшие горные хребты Гималаев и Тибета достигли большой высоты и на них стали формироваться мощные ледники. В континентальных условиях периодические изменения космических факторов сильнее отражались на климате, переходы к похолоданию и потеплению стали более резкими (Добрецов, Чумаков, 2001; Кузьмин и др., 2001).

Большая протяженность и равнинный характер территории Западно-Сибирской равнины обуславливают хорошо выраженные изменения основных показателей климата с севера на юг (см. табл. 4). С севера на юг избыточно влажный холодный климат (гумидный) меняется на теплый и засушливый в сухой степи (аридный). В этом же направлении увеличиваются радиационный баланс, температура воздуха и почвы, возрастает испаряемость влаги, а количество осадков и изотермические коэффициенты (ГТК) уменьшаются.

Избыток влаги в тайге способствует формированию подзолистых, оглеенных, заболоченных и болотных почв, усилению миграции легкорастворимых солей, питательных веществ и продуктов почвообразования и их перераспределению по элементам рельефа. Поэтому на территории тайги и подтайги преобладают пресные воды, обогащенные железом и марганцем. В то же время дефицит влаги в лесостепной и степной зонах вызывает аккумуляцию легкорастворимых солей в почвообразующих породах и в профилях почв. Накопление рыхлых легкорастворимых солей на поверхности засоленных почв (солончаковых и солончаков), а также на дне высохших озер способствует их воздушному переносу на близлежащие автоморфные почвы, вызывает загрязнение ими атмосферы.

Цикличность климата — одна из особенностей территории Западно-Сибирской равнины. Для ее климата характерны чередование сухих и влажных периодов, вызванных изменением количества тепла и атмосферных осадков, приводящих к колебаниям уровня и степени минерализации грунтовых вод, засоленности почв, заболачиваемости территории. По мнению А.П. Сляднева (1976), основной причиной цикличности климата Западной Сибири является геоактивность Солнца. Установлены различные по продолжительности циклы солнечной активности: 11-летний, 32-летний, вековой (80–90 лет) и многовековой (1800–1900 лет). Эти циклы накладываются друг на друга, что приводит к усилению или смазыванию эффекта ритмических колебаний климата.

Наиболее четко выражен 32-летний цикл, с которым связывают самые сильные засухи, высыхание озер и болот, понижение уровня залегания грунтовых вод. Все эти особенности отражаются на современном почвенном климате, снежном и растительном покрове, гранулометрическом составе и водно-физических свойствах почв в целом (Сляднев, 1974; Почвенно-климатический..., 1978; Гаджиев, 1982).

Суровый континентальный климат территории обуславливает глубокое промерзание почв зимой и медленное их оттаивание весной. Глубина промерзания и тепловой режим почв зависят от мощности снежного покрова, которая неравномерно распределяется по поверхности и уменьшается от тайги к степи.

В тайге под мощным снежным покровом почвы промерзают незначительно. В них продолжают протекать процессы биохимического разрушения, внутрипочвенной миграции влаги и продуктов почвообразования даже в зимний период. Маломощный промерзающий слой быстро оттаивает весной и не служит препятствием для внутрипочвенной миграции зимних и ранневесенних осадков. Все это способствует выносу из почвенного профиля карбонатов и легкорастворимых солей и глубокому преобразованию почвенной толщи. В свою очередь, наличие на поверхности почв слаборазложившегося слоя органического вещества существенно снижает интенсивность теплообмена. Поэтому подзолистые, дерновые, лугово-болотные и торфяные почвы очень медленно прогреваются. По тепловому режиму торфяно-болотные почвы в 3–4 раза холоднее, чем черноземы (Воронина и др., 1976).

В степной зоне, где мощность снежного покрова невелика, глубина промерзания почв достигает 150–200 см, а в лесостепной — 150–200 см. На оголенных от снега участках почвы могут промерзать до 300 см. В глубокопромерзающих почвах в зимний период биологические, химические и другие процессы практически прекращаются. Значительная часть зимних и осенних осадков мигрирует с поверхностным стоком, что снижает количество влаги в почвенном профиле и уменьшает разрушение и изменение литологического профиля и литохимического состава почвенного профиля и почвообразующих пород.

Описанные климатические условия Западно-Сибирской равнины оказывают влияние на современный почвообразовательный процесс, в котором значительную роль играет антропогенный фактор, во многих случаях являющийся определяющим.

2.3. Поверхностные, грунтовые и подземные воды

Гидрографические особенности поверхностных, грунтовых и подземных вод Западной Сибири, их гидрологический режим, степень и химизм минерализации тесно связаны со спецификой рельефа, климата и гидрологическими условиями территории.

Большая часть рек региона относится к бассейну Карского моря. Главная из них — река Обь с ее многочисленными притоками, главным из которых является Иртыш. К внутреннему бессточному бассейну юга Западной Сибири относятся реки Чулым и Каргат, текущие с Васюганского плато в бассейн озера Чаны (Бараба), а также Карасук, Кулунда и др., берущие свое начало на Приобском плато и теряющиеся в Кулундинской степи. В целом на равнинной территории низменности речная сеть невелика, что способствует слабой дренированности, накоплению солей в почвообразующих породах и в почвах лесостепи и степи, широкому распространению болот и озер в тайге и подтайге.

В лесостепной и степной зонах речной сток образуется практически исключительно за счет поверхностного стока при весеннем снеготаянии, поскольку почвы в это время мерзлые и не способны пропускать воду. Дождевые осадки здесь в основном инфильтруются и не дают стока. В тайге равнинной территории талые воды в поверхностном стоке составляют 70 %, доля дождевых — 30 % (Куприянова, 1967). Е.И. Куприяновой (1967) установлено, что в таежной зоне через почвы проходит в 35–50 раз больше влаги, чем в степной, и в 5–7 раз больше, чем лесостепной. Поэтому почвы тайги испытывают воздействие вод во много раз больше, чем в лесостепи и степи, и соответственно из почв выносятся больше химических элементов, больше передвигается тонкодисперсных частиц и продуктов почвообразования. В степной зоне промывка почв мала и это способствует формированию засоленных почв, пород и вод.

Химический состав вод находится в прямой зависимости от особенностей водного баланса. С севера на юг увеличивается минерализация вод с 10–50 до 1–3 г/л, а химический состав меняется от гидрокарбонатного до хлоридного (Угланов, 1981). В настоящее время на химический состав вод большое влияние оказывает антропогенный фактор — создание агроландшафтов, водная и ветровая эрозия, загрязнение почв, мелиорации (орошение, осушение, гипсование).

На территории Западной Сибири широко распространены озера. Их количество возрастает с юга на север. Гидрологические и гидрохимические характеристики их вод, так же как и речных, в значительной степени определяются зональными климатическими и ландшафтно-геохимическими особенностями. В таежной зоне озерные воды пресные или ультрапресные гидрокарбонатные, а в лесостепи и степи — минерализованы, имеют различный химический состав, который зависит от климатических особенностей, литологии пород, их физических и водно-физических свойств.

Барабинская низменность изобилует озерами (более 2000). В основном преобладают мелкие (5–50 км²), но есть и крупные — Чаны, Убинское, Сартлан, Иткульское, Урюм (более 3000 км²). Озера в основном реликтового происхождения и представляют собой послеледниковые водоемы и водостоки. Чаши их плоские, а склоны пологие. По минерализации и химизму вод озера разнообразны. Преобладают слабоминерализованные и пресные, но часто встречаются и сильноминерализованные. Соленые озера окружены лугово-болотными, болотными и солончаковыми почвами с галофитной растительностью, а пресные — торфяно-болотными почвами с осоково-тростниковой растительностью.

Болота Барабинской низменности имеют суходольное происхождение, занимают большую территорию и являются важным элементом ее ландшафта. Их распространение связано со слабой дренированностью территории, что способствует застою вод и заболачиванию местности.

Грунтовые воды залегают неглубоко, часто минерализованы и принимают активное участие в процессе почвообразования. Различия в уровне залегания и степени минерализации грунтовых вод — главная причина мозаичности почвенного покрова данной территории и ее засоленности. Глубина залегания, минерализация и солевой состав грунтовых вод варьируют в широких пределах и зависят от рельефа, характера засоления и особенностей климата. Наиболее глубоко грунтовые воды залегают на гривах. По мере продвижения к приболотному поясу их уровень залегания повышается. На гривах грунтовые воды слабоминерализованные, а иногда и пресные. В приболотном поясе степень их минерализации возрастает.

В степной зоне озера занимают от 4 до 14 % территории. Наиболее крупные — Чебаклы, Хорошее, Студеное, Тухлое.

Образованы озера в третичном периоде. В настоящее время они деградируют (пересыхают), а крупные — распадаются на более мелкие. Так, Сумо-Чебаклинское понижение сравнительно недавно, до 1880–1886 гг., было огромным озером, а в настоящее время это густая сеть мелких озер различной конфигурации. Озера питаются в основном атмосферными осадками, минерализация их вод сильно варьирует — от 0,7 до 235 г/л. Характер засоления различен. В связи с засушливым климатом болот в степной зоне мало. Они питаются атмосферными осадками и в засушливые периоды пересыхают. Широко распространены минерализованные болота.

Следует отметить, что гидрологический режим и химический состав подземных вод Западной Сибири не имеют ясной зависимости от климатических особенностей территории. Они в основном отражают специфику пород областей питания и водоносных горизонтов.

2.4. Растительный покров

Растительный покров Западной Сибири отражает характер гидротермических условий и изменяется в соответствии с закономерностями широтной зональности.

Южная тайга имеет ширину около 300 км и охватывает большую часть Васюганской равнины, север Ишим-Иртышского и Тобол-Ишимского междуречий. Здесь господствуют вторичные темнохвойные мелколиственные травянистые леса, возникшие на местах бывших елово-пихтовых лесов — основного зонального типа растительности, который пострадал от вырубок и пожаров. Зональные леса занимают около 30 % территории. На севере преобладают кедры и ели, а на юге — пихта. В травянистом покрове северной части подзоны преобладает мелкотравье (майник, линнея, кислица), а в южных — широкотравье. На повышенных дренированных элементах рельефа распространены осоковые пихтарники и березняки, а на слабодренированных преобладают вейниково-сфагновые кедровники и крупнотравные березово-осиновые леса. Болота здесь занимают 50–75 % территории. Крупные болотные массивы оттесняют лесную растительность. На севере болотная растительность представлена комплексом лесных верховых сосново-сфагновых грядово-мочажинных и гипново-осоковых болот, а на юге — гипново-сфагновыми и осоково-гипновыми низинными болотами (Кузьмина, 1967).

Подтайга — подзона мелколиственных лесов, занимающая промежуточное положение между лесом и лесостепью. Здесь господствуют травяные и березовые леса, в подлеске встречается липа. В травяном покрове присутствуют лугово-опушечные и луговые виды растений (пырей ползучий, костер безостый, мятлик луговой, мышиный горошек, чина луговая, подмаренник северный, земляника, костяника). Местами встречаются парковые березняки с пышной травянистой растительностью. Безлесные участки покрыты растительностью суходольных злаково-разнотравных и разнотравно-злаковых лугов. Характер луговой растительности зависит от водно-солевого режима. В северной незасоленной части формируются вейниковые, ежовые, овсяницево-тимофеечные луга. В южной и восточной на более сухих местах располагаются остепненные разнотравно-злаковые и разнотравно-бобово-злаковые луга. Галофитное разнотравье характерно для засоленных территорий.

Растительный покров подтайги сильно нарушен хозяйственной деятельностью человека. Значительная часть лесов вырублена и превращена в сенокосы, пастбища и пашню. Часть низинных болот осушена и используется в качестве кормовых угодий.

Лесостепная зона охватывает Барабинскую низменность, среднюю часть Ишимской равнины и Приобское плато. В настоящее время значительная часть земель лесостепной зоны распахана и вовлечена в сельскохозяйственный оборот.

В северной лесостепи березовые леса с примесью осины занимают большие массивы. Травяной покров представлен разнотравьем и злаковыми видами, в основном вейниковыми. Господствуют влаголюбивое разнотравье и болотные растительные ассоциации. На остепненных лугах много бобовых (чина, клевер), есть тимофеевка, тысячелистник. В южной лесостепи березовые леса с примесью осины встречаются в виде массивов паркового типа (колков). Травянистый покров более остепнен, широколистное исчезает. Господствуют вейник, костяника. Степные ассоциации представлены типчаком, тонконогом, ковылями, люцерной и полынью. На засоленных почвах произрастают кермек, солянки, бескильницы и другие галофиты.

В лесостепной зоне Западной Сибири широко распространены единичные массивы болот с небольшой засоленностью и островами рямов. Периодическое увлажнение паводковыми водами луговых степей и близкое залегание минерализованных

грунтовых вод способствуют развитию дернового процесса почвообразования и формированию луговых и лугово-черноземных почв различной степени минерализации.

Степная зона занимает Ишимскую равнину, Кулунду, юг Приобского плато и север Предалтайской равнины. Эта территория в значительной степени распаханна. Естественная растительность сохранилась отдельными пятнами и представлена ковыльно-разнотравными, ковыльными и типчаково-ковыльными степями. В травостое преобладают ковыль, тонконог, овсяница, костер. К югу с усилением аридности климата разнотравье исчезает и в травостое увеличивается количество ксерофитной растительности. На каштановых почвах Кулунды местами сохранились ковыльно-типчаковые степи. Южнее усиливается опустынивание территории, появляется в больших количествах полынь, что свидетельствует о засоленности почв. Леса занимают 9 % территории. Наиболее высокие дренированные участки распаханы и заняты культурной растительностью. В межгрядных понижениях, где сформировались солончаки, солонцы и солоды, господствуют солонце – и солеустойчивые ассоциации — волоснецово-шелковичные, шелковице-полынные, солянки, лебеда солончаковая, ячмень солончаковый и др. (Вагина, 1962).

Описанный современный растительный покров Западной Сибири в настоящее время сильно изменен деятельностью человека (вырубки леса, пожары, сельскохозяйственное использование земель).

2.5. Почвообразующие породы

В южной тайге и подтайге почвообразующими породами для современных почв являются в северной части среднечетвертичные ледниковые флювиогляциальные, озерные и аллювиальные отложения. К югу они сменяются верхнечетвертичными послеледниковыми отложениями различного гранулометрического состава. Причем в северных районах распространены песчаные, супесчаные и легкосуглинистые почвообразующие породы. По мере продвижения на юг гранулометрический состав их утяжеляется, встречаются карбонатные суглинки и глины (Непряхин, 1977). Слабодренируемые водоразделы покрыты болотами, а на дренируемых территориях сформировались подзолы, дерново-подзолистые и дерново-глеевые почвы. К югу почвенный покров

сменяется серыми лесными, серыми лесными глеевыми и луговыми почвами.

Основной фон покровных отложений Барабинской низменности и Кулундинской равнины представлен озерно-аллювиальными отложениями, которые являются почвообразующими породами для полугидроморфных и гидроморфных засоленных почв — лугово-черноземных, черноземно-луговых, солонцов, солончаков и подстилающими — для низинных болот. В степной зоне на них формируются черноземы южные.

На фоне описанных почвообразующих пород в Барабе и Кулунде широко распространены также субэральные четвертичные и верхнечетвертичные отложения — лессовидные суглинки, покрывающие слоем 0,2–1,5 м и более грибообразные и увалообразные повышения. По мнению ряда исследователей, эти лессовидные суглинки имеют эоловый генезис (Волков, 1971; Атлас Омской..., 1997; Атлас Новосибирской..., 2002). На них сформированы черноземы и серые лесные почвы.

С севера на юг Барабы тяжелосуглинистые и глинистые озерные и озерно-аллювиальные отложения сменяются среднесуглинистыми, а в Кулунде — супесчаными и песчаными аллювиальными отложениями, служащими подстилающими и почвообразующими породами для черноземов южных и каштановых почв.

Гранулометрический и минералогический состав, карбонаты и легкорастворимые соли почвообразующих пород оказывают прямое влияние на почвообразовательный процесс и являются определяющими при сельскохозяйственном использовании почв и их эволюции под воздействием антропогенного фактора.

2.6. Почвенный покров, его состав и использование

Разнообразие природных условий Западной Сибири обусловило неоднородность почвенного покрова с хорошо выраженной широтной зональностью на равнине. С севера на юг наблюдается следующая смена зональных типов почв: подзолы — дерново-подзолистые — серые лесные — черноземы — каштановые почвы. Степень сельскохозяйственного освоения территории здесь в значительной мере определяется природными особенностями и характером почвенного покрова и свойствами распространенных почв.

В связи с природными особенностями (рельефом, уровнем залегания и степенью минерализации грунтовых вод и т. д.) зо-

нальные почвы не всегда являются преобладающими в почвенном покрове как на территории в целом, так и в сельскохозяйственных угодьях.

Южная тайга и подтайга — наиболее освоенная в сельскохозяйственном отношении часть подтаежной зоны. Почвы подзолистого типа составляют ее основу и преобладают в составе земель сельхозугодий. Верхние горизонты подзолистых почв имеют, как правило, легкий гранулометрический состав, однако нижняя часть их профиля может быть сложена более тяжелыми по гранулометрическому составу карбонатными породами. Среди автоморфных почв преобладают дерново-подзолистые и подзолы. Вглубь водоразделов они быстро сменяются полугидроморфными аналогами, а затем переходят в болотные почвы, сформированные на тяжелосуглинистых и глинистых породах, часто содержащих большое количество карбонатов.

В подтайге, где южно-таежная растительность постепенно сменяется лесостепной, в почвенном покрове увеличивается доля серых лесных, лугово-черноземных, луговых и торфяных почв. Особенностью этой части территории является тяжелосуглинистый и глинистый состав почвообразующих пород и наличие в них карбонатов в виде конкреций и журавчиков (Гаджиев, 1977; 1982). Наличие карбонатов в почвообразующих породах является главным отличием подзолообразовательного процесса от европейского и объясняется наличием остаточного карбонатного материала. Пашни в подтайге расположены на подзолах, дерново-подзолистых, луговых и черноземно-луговых почвах. Гидроморфные почвы — луговые, глеевые, осушенные низинные болотные — используются как кормовые угодья.

Почвенный покров лесостепной и степной зон наиболее освоен в сельскохозяйственном отношении. Он весьма неоднороден и разнообразен по составу почв и их свойствам. В почвенном покрове северной части лесостепной зоны преобладают дерново-подзолистые, серые лесные, луговые и лугово-болотные почвы. Доля черноземов мала. В южной лесостепи возрастает доля зональных почв — черноземов обыкновенных и увеличивается площадь интрозональных почв — засоленных, особенно солонцов и солончаков. Широко распространены лугово-черноземные и гидроморфные почвы. С севера на юг, а также от автоморфных к гидроморфным почвам гранулометрический состав почв утяжеляется. Основу пахотных почв составляют черноземы, серые лес-

ные и луговые почвы, а засоленные почвы — солончаки, солонцы и солоды используются в кормовых угодьях.

В Барабинской низменности в почвенном покрове преобладают лугово-черноземные и засоленные почвы. Зональные черноземы обыкновенные формируются по гривам с глубоким залеганием грунтовых вод. С севера на юг в Барабе облегчается гранулометрический состав, усиливается мозаичность почвенного покрова, меняется тип засоления от гидрокарбонатного к содовому и смешанному. В пахотных почвах резко возрастает доля засоленных солонцеватых и осолоделых почв.

В степных районах Кулундинской равнины основу почвенного покрова составляют зональные почвы типичной и сухой степи — черноземы южные и каштановые. Они имеют легкосуглинистый гранулометрический состав и неоднородный по сложению почвенный профиль. Легкий гранулометрический состав почв Кулунды и небольшое содержание гумуса способствуют увеличению в них плотности сложения.

Природные условия Западной Сибири накладывают особый отпечаток на почвенный покров территории, делают его крайне уязвимым при сельскохозяйственном использовании. Большое влияние при этом оказывают агротехнические приемы обработки, внесение удобрений (органических и минеральных), различные виды мелиорации — гипсование солонцов, известкование кислых почв, осушение, которые способны изменить свойства почв и даже направленность почвообразовательного процесса. Поэтому важно знать, как меняются при сельскохозяйственном использовании свойства почв, особенно зональных, выявить их направленность, вовремя исключить негативные приемы и внедрить приемы, способствующие сохранению и повышению плодородия почв для будущих поколений.

3. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основными объектами исследований были почвы (дерново-подзолистые, черноземы выщелоченные и южные каштановые и солонцы) на стационарных опытах с известным типом длительного сельскохозяйственного использования (длительное применение удобрений минеральных и органических, севообороты, химическая мелиорация солонцов и т. д.) в различных почвенно-

климатических зонах Западной Сибири — таежно-лесной, лесостепной и степной (см. рис. 1).

Дерново-подзолистые супесчаные почвы изучались в таежно-лесной зоне (Нарымская государственная селекционная станция Колпашевского района Томской области). Дерново-подзолистые почвы по почвенно-географическому районированию входят в Западно-Сибирскую провинцию южно-таежной подзоны. Стационарный опыт по выявлению эффективности минеральных и органических удобрений заложен в 1947 г. и продолжает функционировать до настоящего времени (Реестр ..., 2009). Несколько раз в течение 50-х и 60-х годов прошлого столетия на опытном участке проводили припашку подпахотного горизонта до глубины 28–30 см, что хорошо видно на почвенном профиле. В эти же годы в варианте с совместным внесением минеральных и органических удобрений была внесена известь в дозе 6–9 т/га по гидрологической кислотности.

Рельеф опытного участка слабоволнистый с понижением между повторностями, на котором сделаны выключки. Недалеко от опыта (80–100 м) находится небольшое озеро. Оно имеет вытянутую форму с северо-запада на юго-восток. С западной стороны опытного участка — тайга, частично заболоченная (рис. 2).

За годы исследований несколько изменился севооборот, постепенно претерпевала изменения схема внесения удобрений, и в настоящее время она имеет следующий вид: контроль (без удо-

брений); навоз 20 т/га (1 раз за ротацию); навоз 40 т/га (1 раз за ротацию); навоз 60 т/га (1 раз за ротацию); $N_{60}P_{60}K_{120}$ (ежегодно) + навоз 20 т/га; $N_{90}P_{90}K_{90}$ (ежегодно); $N_{120}P_{120}K_{120}$ (ежегодно); $N_{90}P_{90}K_{90}$ (ежегодно) + навоз 40 т/га (Вервайн, 2003).

В данном опыте изучались варианты с неизменными с 1947 г. технологией и дозами внесения удобрений: контроль



Рис. 2. Опытное поле по изучению эффективности удобрений на Нарымской государственной селекционной станции (Томская область, Колпашевский район)

(без удобрений), $N_{120}P_{120}K_{120}$ (ежегодно), $N_{90}P_{90}K_{90}$ (ежегодно) + навоз 40 т/га. В опыте исследовали зернотравяной севооборот со следующим чередованием культур: занятый пар (горохоовсяная смесь на зеленый корм) — ячмень — клевер на зеленый корм — озимая рожь — яровая пшеница — горох с овсом на зерно — овес. Полуперепревший навоз крупного рогатого скота вносили в занятый пар с последующей перепахкой, минеральные удобрения — ежегодно вручную под предпосевную обработку (Вервайн, 2003).

Согласно историческому экскурсу, на территории опытной станции до 1939 г. «росла непроходимая тайга. Затем начали отвоевывать пашню у тайги путем раскорчевки леса и его сжиганием как в кучах, так и на корню» (Колесникова, 2003, с. 4). Перед закладкой опыта К.А. Кузнецовым (1952) была составлена детальная почвенная карта опытного участка и сделан химический анализ почвенных образцов, который позволил сравнить исходные данные перед закладкой опыта с нашими данными, полученными после 59-летнего использования почв, и выявить антропогенное воздействие на почвообразовательный процесс.

Почвенные образцы отбирались по генетическим горизонтам до глубины 150 см.

Черноземы выщелоченные среднегумусные среднесуглинистые изучались в Алтайском Приобье (лесостепь) (Западно-Сибирская овощная опытная станция).

По почвенно-географическому районированию черноземы выщелоченные входят в предалтайскую почвенную провинцию лесостепной зоны. Многолетний стационарный опыт по изучению сравнительной эффективности систем удобрений и их влияния на урожайность овощных культур и картофеля, качество выращиваемой продукции и изменение агрохимических свойств почвы был заложен в 1942 г. (Гладких, Сирота, 2002). Это уникальный, самый длительный в Западной Сибири многолетний стационарный опыт, продолжающийся и в настоящее время. Он был заложен под руководством заведующего отделом агрохимии Всесоюзного научно-исследовательского института овощного хозяйства З.И. Журбицкого. Цель опыта — изучение системы удобрения в овощетравопольном севообороте при разной насыщенности органическими и минеральными удобрениями.

До закладки опыта с 1939 г. опытное поле было занято многолетними травами. За 11 ротаций севооборота опыт претерпел четыре модернизации. В первой и второй ротации (1942–1955 гг.) в

нем изучали различную степень насыщенности органическими и минеральными удобрениями. По результатам исследования была разработана рациональная система удобрений овощных культур и установлено действие и последствие органических удобрений.

В первой ротации севооборот имел следующее чередование культур: 1 — многолетние травы, 2 — многолетние травы, 3 — огурец и томат, 4 — капуста, 5 — морковь, 6 — картофель, 7 — зерновые с подсевом трав. Во время второй ротации после моркови введено поле с бобовыми (горохом). Установлено, что многолетние травы способствуют созданию структуры почвы, накапливают в профиле органическое вещество, азот и гумус.

В третьей и четвертой ротациях изучались способы внесения органических и минеральных удобрений, уточнялись дозы органических удобрений в сочетании с минеральными, устанавливалась эффективность дробного внесения удобрений и роль фона удобрений, созданного в предшествующие ротации. В третьей ротации (1955–1962 гг.) огурец и томат были выделены в отдельное поле севооборота, а в четвертой ротации исключены три поля с многолетними травами.

В пятой и шестой ротациях изучали отзывчивость овощных культур и картофеля на отдельные элементы питания и возможность периодического внесения удобрений в пятипольном севообороте. В последующих ротациях программа исследований не менялась.

Для закладки опыта использовались следующие минеральные удобрения: аммиачная селитра, суперфосфат двойной гранулированный, хлористый калий и органические удобрения: в 1–6-й ротациях — перегной-сыпец, в 7–8-й — торф, в 9–11-й — торфопометный компост со средним содержанием общего азота 1,08 %, фосфора — 0,97, калия — 1,54 %. Удобрения вносили вручную под весеннюю перепашку на глубину 20–22 см.

В настоящее время опыт заложен в севообороте, развернутом во времени на двух полях с чередованием культур: томат — капуста — морковь — картофель-огурец. Размещен в открытом грунте на выровненной территории Алтайского Приобского плато (левобережье Оби) с небольшим юго-западным уклоном (рис. 3). Агротехника выращивания овощных культур и картофеля — общепринятая в зоне. Влажность почвы поддерживается поливами на уровне 70 % полной полевой влагоемкости (ППВ) для моркови, томата и картофеля и 80 % ППВ — для огурца и



Рис. 3. Длительный стационарный опыт по изучению системы удобрений в овощном севообороте (Западно-Сибирская овощная станция, Алтайское Приобье)

капусты. Примерное число поливов при средних погодных условиях по культурам было следующим: капуста — 6–8, томат — 2–3, огурец — 3–4. В засушливые годы число поливов увеличилось.

Схема внесения удобрений: 1 — контроль (без удобрений); 2 — NPK (полный фон минеральных удобрений); 3 — NK; 4 — PK; 5 — 1,5 NPK (полуторная доза полного фона минеральных удобрений); 6 — органические удобрения; 7 — органические удобрения + NPK; 8 — последствие удобрений; 9 — NP. Повторность вариантов 4-кратная. Расположение делянок — в один ярус, площадь делянки 169,4 м², учетная — 30 м².

В 2005 г. нами отобраны почвенные образцы под морковь. Сорт моркови — Шантанэ 2461, 12-я ротация, первая закладка, первое поле. Почвенные образцы были отобраны нами по генетическим горизонтам до глубины 150–160 см в следующих вариантах: 1) контроль (без удобрений); 2) $N_{56}P_{81}K_{66}$ на 1 га севооборотной площади; 3) $N_{56}P_{81}K_{66} + 6$ т/га органических удобрений (навоза) на 1 га севооборотной площади.



Рис. 4. Опытный участок СибНИПТИЖ, с. Боровое Ордынского района Новосибирской области, октябрь 2005 г.

Таким образом, нами был подобран ряд профилей чернозема выщелоченного в условиях максимальной интенсификации (зяблевая вспашка, весенняя перепашка, применение высоких доз при поливе, междурядные обработки и т.д.), при которой появляется возможность выявить направленность воздействия максимальной антропогенной нагрузки на дерновый почвообразовательный процесс.

Черноземы выщелоченные среднесуглинистые Новосибирского Приобья изучались в опытно-производственном хозяйстве «Боровское» СибНИПТИЖ (с. Боровое Ордынского района Новосибирской области) (рис. 4).

Почвы входят в Западно-Сибирскую провинцию лесостепной зоны. Опыт по длительному применению минеральных удобрений на орошаемом пастбище заложен в 1976 г. и продолжал функционировать до 2006 г. В настоящее время он закрыт.

Рельеф опытного участка — слабоволнистая межколочная равнина на первой надпойменной террасе реки Оби, что исклю-

чает или сглаживает негативные последствия орошения (подъем грунтовых вод, подтопление, засоление, осолонцевание и т. д.). Плато высоко приподнято. Его поверхность хорошо дренируется долиной Оби, а также многочисленными оврагами и балками. Грунтовые воды на водоразделах находятся глубоко (30–50 м) от поверхности (Аникина и др., 1988).

На опытном поле изучали продуктивность многолетних трав при пастбищном использовании по следующей схеме: 1) контроль (без удобрений); 2) $P_{60}K_{60}$ (фон 1); 3) $N_{60}P_{60}K_{60}$; 4) $N_{120}P_{60}K_{60}$; 5) $N_{180}P_{60}K_{60}$; 6) $P_{90}K_{120}$ (фон 2); 7) $N_{180}P_{90}K_{120}$; 8) $N_{240}P_{90}K_{120}$; 9) $N_{300}P_{90}K_{120}$. Площадь делянки 60 м². Повторность опыта 4-кратная. Расположение делянок — систематическое в два ряда. Травостой состоит из костреца безостого (сорт СибНИИСХоз-189), тимopheвки луговой (Новосибирская 1), овсяницы луговой (Камалинская 95). Залужение участка проведено в 1976 г. Удобрения вносили ежегодно в виде аммиачной селитры, суперфосфата и хлористого калия. Травостой в течение вегетационного периода стравливали 4 раза. Азотные удобрения равными дозами вносили рано весной и после трех циклов стравливания. Фосфорно-калийные удобрения в дозе 60–90 кг/га применяли ежегодно в один прием рано весной. Дозу калия 120 кг/га равными долями вносили в два приема. Полив проводили дождеванием установкой ДДН-70 из закрытой оросительной сети. Для полива использовали воду Обского водохранилища. Влажность почвы в слое 0–30 см подерживали на уровне 60–70 % НВ.

Разрезы были заложены нами на следующих вариантах: 1) контроль (без удобрений); 2) $P_{60}K_{60}$ (фон 1); 3) $P_{60}K_{60} + N_{180}$; 4) $P_{90}K_{120}$ (фон 2); 5) $P_{90}K_{120} + N_{180}$; 6) $P_{90}K_{120} + N_{300}$.

Черноземы южные изучены нами в степи. Они входят в предальтайскую провинцию степной зоны.

Для выяснения влияния сельскохозяйственного использования на свойства чернозема южного заложены разрезы на выровненном приподнятом участке водораздела в Баганском районе Новосибирской области на территории Северо-Кулундинской опытной станции (ныне отдел СибНИИ кормов). Один разрез заложен на целине, а другой — на расстоянии 120 м от него на пашне в производственных условиях на второй пшенице после пара в севообороте «пар — пшеница — пшеница — овес».

Каштановые почвы изучались на территории Кулундинской опытной станции Алтайского НИИСХ (ныне центр степного зем-

леделия). Каштановые почвы входят в казахстанскую провинцию степной зоны. Исследования проводились на агрохимическом стационаре, заложенном в 1961 г. в 4-польном севообороте «пар – пшеница – пшеница – овес», на бессменном паре, пшенице и многолетних травах (кострец + люцерна) (Гнатовский. 1991; Реестр ..., 2009).

В каждом варианте опыта делянки поделены на две части — контроль и минеральные удобрения. До 1999 г. минеральные удобрения вносили в дозе $N_{30}P_{30}$ ежегодно, а начиная с 2000 г. — только N_{30} . В данном опыте в течение 39 лет соблюдалась единая для каждого варианта технология, и поэтому изменения, которые могли произойти в свойствах почв и в морфологическом профиле, связаны только с сельскохозяйственным воздействием. Почвенные разрезы заложены в августе 2006 г. в контрольных вариантах (без удобрений) следующих полей: 1) бессменный пар; 2) бессменные многолетние травы (кострец + люцерна); 3) бессменная пшеница; 4) севооборот — вторая пшеница после пара.

Почвенные образцы для анализов отобраны по генетическим горизонтам примерно до глубины 140–150 см. Во всех вариантах опыта определена одна почва — каштановая маломощная супесчаная на песчаных аллювиальных отложениях, что свидетельствует об однородности почвенного покрова опытного участка.

Изменение свойств солонцов при длительном действии химической мелиорации изучалось на «солонцовом» стационаре Сибирского НИИ земледелия и химизации (Чулымский район Новосибирской области), расположенном в северной части лесостепной зоны Западной Сибири в пределах Барабинской низменности. Исследования велись на двух микроделяночных опытах, расположенных недалеко друг от друга. Изучаемые почвы — химически мелиорированные солонцы корковые гидроморфные черноземно-луговые высокосолончаковатые сульфатно-содового засоления слабо- и средnezасоленные глубококарбонатные с различным содержанием натрия в иллювиальном горизонте *B* (соответственно солонцы много- и малонатриевые).

Опыты заложены на плоских межгрядных пространствах с ярко выраженным микрорельефом в виде неглубоких блюдцеобразных понижений (рис. 5).

Уровень залегания грунтовых вод подвержен сезонной и многолетней динамике и изменялся по годам от 40 до 350 см. Минерализация грунтовых вод — 1,5–2,0 г/л. Несколько выше



Рис. 5. Барабинская низменность

уровень залегания грунтовых вод и степень их минерализации под солонцами многонатриевыми (Галеев, 1991).

Гранулометрический состав пахотного горизонта солонцов легко- и среднеглинистый. В исходном состоянии емкость поглощения этого горизонта снижается от многонатриевого к малонатриевому солонцу соответственно с 44,7 до 39,2 мг-экв/ 100 г почвы, величина рН — от 9,3 до 7,2. Содержание гумуса перед закладкой опыта составляло около 5 % от массы почвы.

На малонатриевых солонцах опыт заложен в 1981 г. Набор доз гипса был взят эмпирически и изменялся от 0 до 50 т/га без учета содержания обменного натрия в почвенном поглощающем комплексе (ППК). Для многонатриевых солонцов дозы гипса рассчитаны по среднему образцу с интервалом 0,25 нормы по содержанию натрия — от 0 до 1,25 нормы: без гипса (контроль), гипс в дозах 11, 23, 36, 45 и 56 т/га. Этот опыт заложен в 1986 г. Делянки



Рис. 6. Внешний вид опыта на малонатриевых солонцах

в обоих опытах были обтянуты полиэтиленовой пленкой на глубину 30–40 см с небольшим напуском (во избежание поверхностного и внутрипочвенного стоков) (рис. 6).

С 1994 г. опытные участки находились под залежью, но перед этим на них была посеяна люцерна. В 2006 г. были вскрыты некоторые делянки на одной из повторностей и выкопаны почвенные разрезы на глубину 100–120 см. Варианты на многонатриевом солонце: контроль (без гипса), гипс — 11, 45 (полная доза по Гедройцу), 56 т/га. Варианты на малонатриевых солонцах: контроль (без гипса), гипс — 12 (полная доза по Гедройцу), 18, 35 и 50 т/га. В этих вариантах в предыдущие годы проводили детальные исследования, позволяющие в настоящее время выявить изменения свойств солонцов. Разрезы закладывали таким образом, чтобы как можно меньший ущерб нанести делянке и ближайшей территории. Рядом дополнительно заложены разрезы на целине.

Во всех почвенных разрезах проведено детальное морфологическое описание генетических горизонтов по существующим методикам (Полевой ..., 1981; Розанов, 2004; Семендяева и др., 2006).

В почвенных образцах в зависимости от типа почв были выполнены следующие анализы: определение гранулометрического состава почв по методу Н.А. Качинского (метод пипетки) МРТУ № 46-16-67; определение микроагрегатного состава по методу Н.А. Качинского (Вадюнина, Корчагина, 1973; Практикум ..., 1980); определение физико-химических свойств: гидролитическая кислотность почв — по Каппену, обменная кислотность и величина рН — потенциометрически, сумма поглощенных оснований — по Каппену–Гильковицу, гумус — по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), содержание карбонатов — ацидометрическим методом, в дерново-подзолистых почвах подвижный алюминий — по методу Соколова (Практикум..., 2001), в солонцах общий натрий — по Шолленбергеру, водная вытяжка — по общепринятой методике.

4. АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ РАЗНЫХ ТИПОВ ПОЧВ

Морфологические признаки почвенного профиля являются устойчивой внешней характеристикой почв. В них отражаются все важнейшие свойства, особенности происхождения и развития почв (Докучаев, 1949; Сибирцев, 1951; Муха, 1981; Почвенный ..., 2001). Даже непродолжительное антропогенное воздействие на почву приводит к изменениям морфологических признаков. В результате механических обработок при сельскохозяйственном использовании почв формируется так называемый пахотный горизонт ($A_{\text{пах}}$).

Пахотный горизонт, обладая специфическими признаками (структурой, окраской, сложением и т. д.), безусловно, существенно отличается от исходных генетических горизонтов целинных почв и, по мнению В.Д. Мухи (1981), представляет собой диагностический горизонт окультуренности. Он накапливает в себе питательные вещества вносимых органических и минеральных удобрений, мелиорантов, является местом сосредоточения корней возделываемых растений. Пахотный горизонт в значительной степени определяет плодородие всего почвенного профиля и влияет на направленность и интенсивность почвообразовательного

процесса. Следует отметить, что при сельскохозяйственном использовании изменениям подвергаются не только пахотный, но и нижележащие горизонты.

В настоящее время антропогенный фактор в почвообразовании стал глобальным — от него в значительной степени зависит устойчивое развитие земледелия и цивилизации. Он обуславливает биоразнообразие в природе и сохранение плодородия и во многих случаях приводит к возникновению новых антропогенно измененных почв, обладающих иными свойствами по сравнению с исходными, что особенно ярко проявляется при химической мелиорации дерново-подзолистых и солонцовых почв. Химические мелиорации значительно воздействуют на профильное развитие почв, изменяют морфологические признаки, что, по мнению И.Н. Любимовой (2003), приводит к началу развития нового этапа их эволюции и «в качестве объекта почвообразования выступает агротурбированный мелиоративный слой и незатронутые обработками нижележащие горизонты» (с. 1).

4.1. Дерново-подзолистые почвы

Морфологическое описание почвенных разрезов, их сравнение и изучение показало, что длительное сельскохозяйственное воздействие изменяет морфологический облик подзолистых почв (Семендяева, 2010). К.А. Кузнецовым (1952) почвы данного опытного поля были названы подзолистыми супесчаными. За 59 лет сельскохозяйственного использования произошло заметное их окультуривание. При морфологическом описании эти почвы названы нами дерново-подзолистыми (за счет увеличения мощности как пахотного, так и подпахотного горизонтов).

В качестве примера приведено описание морфологического профиля дерново-подзолистой почвы контрольного варианта (без удобрения). Культура — яровая пшеница. Не вскипает от соляной кислоты по всему профилю.

$A_{\text{пах}}$ 0–20 см

Выделяются два подгоризонта: верхняя 10-сантиметровая толща — рыхлая, белесая, бесструктурно-пылеватая, свежая, пронизана корнями растений, супесчаная; нижняя часть горизонта (10–20 см) — белесовато-серая, при подсыхании белесая, неоднородно окрашенная, видны мазки железисто-марганцевых конкреций, супесчаная, увлажнена, уплотнена, непрочно-комковато-плитовидной структуры, единичные корни растений, хорошо видна сохранившаяся от прошлых лет солома на глубине 18–20 см. Переход в следующий горизонт постепенный.

A'_2 , 20–50 см	Белесовато-серый, неоднородно окрашенный, четко видны мазки железисто-марганцевых конкреций, плитовидный, супесчаный, единичные крупные поры, увлажнен, уплотнен. Переход в следующий горизонт четкий.
A''_2 , 50–59 см	Белесый, неоднородно окрашенный, мазки ржаво-охристых конкреций, супесчаный, влажный. Это остатки прежнего горизонта A_2 , в котором четко выражена плитовидная структура. Переход в следующий горизонт ясный по цвету.
A_2B , 59–80 см	Желто-белесоватая с прожилками SiO_2 (белесого цвета), неоднородно окрашенная супесь ореховато-плитовидной структуры, уплотненная, с глянцем на гранях структурных отдельностей, призмовидные отдельности хорошо выражены, единичные крупные поры, увлажнена. Переход в следующий горизонт ясный по цвету.
B , 80–114 см	Желтовато-буровато-коричневый, более однородно окрашен, чем предыдущий, супесчано-легкосуглинистый, призмовидной структуры, глянец на гранях структурных отдельностей, единичные поры, крупные ржаво-охристые пятна. Переход в следующий горизонт постепенный.
BC , 114–140 см	Желто-бурый с большим скоплением ржаво-охристых пятен легкий суглинок призмовидной структуры с хорошо выраженным глянцем на гранях отдельностей. Переход в следующий горизонт постепенный.
C_d , 140–150 см	Желтовато-сизоватая со ржаво-охристыми и оливковыми пятнами супесь, влажная, непрочно-комковатой структуры.

Из приведенного описания видно, что в контроле пахотный горизонт четко подразделяется на два горизонта. М.И. Герасимовой и др. (2003) данный двухчленный пахотный горизонт назван **агросветлогумусовым**. В работе Н.А. Караваевой и др. (1986) отмечено, что в недавно освоенных залежных дерново-подзолистых почвах возможно выделение даже трех подгоризонтов пахотного светлогумусового горизонта. Итак, дерново-подзолистую почву в контроле по морфологическим признакам можно рассматривать как антропогенно-измененную малоокультуренную.

Морфологический профиль дерново-подзолистой почвы за 59 лет применения минеральных удобрений стал иметь следующий вид.

Вариант $N_{120}P_{120}K_{120}$. Культура — яровая пшеница. От соляной кислоты не вскипает по всему профилю.

$A_{\text{пах}}$, 0–20 см	Белесый, подразделяется на два подгоризонта: верхний 0–12 см — рыхлый, 12–20 см — уплотненный, с 20 см встречаются остатки прошлогодней соломы. Подгоризонт 0–12 см рыхлый, комковато-плитовидно-пылеватый, пронизан корнями растений, свежий, супесчаный. Подгоризонт 12–20 см значительно уплотнен, комковато-плитовидный. Переход в следующий горизонт постепенный.
A'_2 , 20–48 см	Светло-серый, при подсыхании белесый, однородно окрашен, увлажнен, комковато-непрочноплитовидный, имеются хорошо выраженные корневины, пронизан корнями растений, имеются железисто-марганцевые конкреции, уплотнен, супесчаный. Переход в следующий горизонт ясный по цвету.
A''_2 , 48–56 см	Белесый, с небольшим вкраплением ржаво-охристых пятен, плитовидный, супесчаный, пористый. Переход в следующий горизонт ясный.
A_2B , 56–82 см	Желтовато-бурый, с прослойками и потеками белесоватого цвета, плитовидно-призмовидной структуры, глянec на гранях структурных отдельностей, пористый, много прослоек SiO_2 (50 : 50), супесчаный. Переход в следующий горизонт ясный по цвету и структуре.
B , 82–120 см	Желто-бурый, неоднородно окрашен, комковато-призмовидный, плотный, супесчаный, имеет более тяжелый гранулометрический состав, чем предыдущий, пористый, видны ржаво-охристые пятна. Переход в следующий горизонт постепенный.
BC , 120–130 см	Желто-бурый, плотный, непрочно-комковато-призмовидный, оглеен, но ортштейнов нет, холодный. Переход в следующий горизонт ясный.
C_d , 130–150 см	Оливковато-белесый, супесчаный, оглеенный, пористый.

Как видно из представленного морфологического описания, при длительном внесении одних минеральных удобрений профиль агропочв несколько изменился по сравнению с контрольным вариантом, однако эти изменения не столь значительны — горизонт $A_{\text{пах}}$ более рыхлый, в нем, как и в почве контроля, выделяются два подгоризонта. В уплотненном слое 15–20 см визуально обнаруживается много ржаво-охристых пятен. Подгоризонт A_2 также четко расчленен на два подгоризонта. Верхний подгоризонт A'_2 имеет бурую окраску с желтым оттенком, что свидетельствует о вымывании в него органических веществ. Ржаво-охристые пятна «размазаны» по всему слою и передают подгоризонту мраморную окраску.

Собственно горизонт A_2 — небольшой мощности, белесый от обилия кремнезема с вкраплением ржаво-охристых пятен. Существенных изменений в иллювиальном горизонте B не произошло. Он имеет более темную окраску по сравнению с почвой контроля. В нем ярче выражен глянec на гранях структурных отдельностей, т. е., судя по всему, при внесении минеральных удобрений, повышении урожайности сельскохозяйственных культур и увеличении количества растительных остатков в почве вымывание (иллювиирование) продуктов почвообразования выражено сильнее.

Морфологический профиль дерново-подзолистой почвы при 59-летнем применении минеральных и органических удобрений был следующим.

Вариант — $N_{90}P_{90}K_{90}$ + навоз 40 т/га; культура — яровая пшеница. Не вскипает от соляной кислоты.

$A_{\text{пах}}$, 0–20 см	Темно-белесый, свежий, рыхлый, комковато-зернистый, пронизан корнями растений, супесчаный, книзу видны железисто-марганцевые конкреции. Переход в следующий горизонт постепенный.
A'_2 , 20–35 см	Белесовато-темный, комковато-плитовидный, сверху сохранились остатки соломы, однородно окрашен, видны призматки обуглившихся частей древесины, железисто-марганцевые конкреции, данный горизонт был припахан при почвоуглублении, влажный, супесчаный. Переход в следующий горизонт четкий по цвету.
A''_2 , 35–58 см	Белесоватый, неоднородно окрашен, уплотнен, комковато-плитовидный, ржаво-охристые пятна, супесчаный, местами видна обуглившаяся древесина, пористый. Переход в следующий горизонт потековидный.
A_2B , 58–79 см	Буровато-белесоватый с белесыми потеками, комковато-призмовидный, уплотнен, глянec на гранях структурных отдельностей, хорошо видны ржаво-охристые пятна, легкосуглинистый, единичные крупные поры. Переход в следующий горизонт ясный.
B , 79–114 см	Желто-бурый, неоднородный, с 91 см имеются ортзандовые прослойки, плотный, легкосуглинистый, ореховато-призмовидный, глянec на гранях структурных отдельностей, влажный, единичные поры. Переход в следующий горизонт — постепенный.
BC , 114–130 см	Желто-бурый с прослойками ортзандов, которых много, призмовидный, глянec на гранях структурных отдельностей, легкосуглинистый, единичные крупные поры. Переход в следующий горизонт постепенный.
C_d , 130–150 см	Желто-бурый, непрочно-комковато-призмовидный, пористый, хорошо видны песчаные белесые прослойки, влажный.

Профиль почвы варианта с совместным внесением минеральных и органических удобрений, а также с периодическим известкованием существенно отличается по морфологическим признакам от двух предыдущих. Данная почва является высокоокультуренной. В ней наиболее ярко выражено позитивное антропогенное влияние. В пахотном горизонте отсутствует расчлененность на подгоризонты. Он однородно окрашен по всей толще, рыхлый, комковато-зернистой структуры, вспушенный. По морфологическим признакам пахотный горизонт представляет собой хорошо окультуренный почвенный слой.

В иллювиальном горизонте *B* оглеенность выражена в виде сизоватых с примесью ржаво-охристых пятен. В нижней части профиля сизоватость увеличивается. По мнению М.И. Герасимовой и др. (2003), такой морфологический профиль окультуренных дерново-подзолистых почв свидетельствует об активных перемещениях гумусированного мелкозема по профилю, в котором ярко проявляются как процессы оподзоливания, так и лессиважа. Этому способствуют изменение структуры пахотного горизонта и контрастный агропедоклимат. Следует отметить, что к такому же выводу пришли Р.Ф. Байбеков и др. (1998), изучавшие влияние длительного применения высоких доз удобрений на строение почвенного профиля дерново-подзолистой почвы на Долгопрудной агрохимической опытной станции, но изучаемые ими почвы были тяжелосуглинистого гранулометрического состава, сформировавшимися на тяжелом покровном суглинке.

Данные Н.А. Караваевой и др. (1998) свидетельствуют о том, что антропогенное воздействие на подзолистые почвы способствует увеличению теплообеспеченности как всего профиля, так и непосредственно пахотного горизонта с одновременным увеличением глубины промерзания и уменьшением длительности безморозного периода. Кроме того, замена лесной растительности на культурную увеличивает переувлажнение профиля почв за счет различий в транспирации лесных и агроценозов, что подтверждается обилием железистых новообразований. В связи со сменой растительности, изменением педоклимата, поверхностного и внутрипочвенного оглеения происходило значительное перераспределение железистых, железисто-марганцевых и органожелезистых стяжений, что отчетливо видно на профиле изучаемых почв. С усилением антропогенного воздействия заметно возросла степень оглеения генетических горизонтов дерново-подзолистых

Таблица 5. Валовой химический состав дерново-подзолистых почв при 59-летнем систематическом внесении удобрений (2006 г.), %

Почва, вариант опыта	Горизонт, см	Глубина взятия образцов, см	SiO ₂	R ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
Контроль (без удобрений)	$A_{\text{пах}}$	0–20	72,7	23,4	3,0	20,4	0,62	0,28
	A'_2	20–50	75,5	23,8	3,0	20,8	0,67	0,29
	$A_{\text{в}2}$	50–59	75,7	21,3	3,0	18,3	0,79	0,29
	A_2B	59–80	72,7	19,8	3,5	16,3	0,75	0,36
	B	80–114	74,2	21,6	3,4	18,2	0,62	0,32
	BC	114–140	69,5	25,3	3,8	21,5	0,92	0,40
	C	140–150	71,0	27,7	5,2	22,5	0,83	0,42
$N_{120}P_{120}K_{120}$	$A_{\text{пах}}$	0–20	72,8	24,4	3,0	21,4	0,87	0,39
	A'_2	20–48	73,7	24,0	2,9	21,1	0,87	0,35
	$A_{\text{в}2}$	48–56	74,3	24,9	3,3	21,6	0,96	0,41
	A_2B	56–82	71,9	24,5	4,0	20,5	0,67	0,30
	B	82–120	72,5	23,6	3,2	20,4	0,71	0,24
	BC	120–130	71,2	26,0	4,1	21,9	0,79	0,32
	C	130–150	68,1	26,9	4,8	22,1	0,79	0,32
$N_{90}P_{90}K_{90} +$ навоз 40 т/Га	$A_{\text{пах}}$	0–20	72,2	24,8	3,3	21,5	0,92	0,37
	A'_2	20–35	72,9	24,5	3,1	21,4	0,83	0,28
	$A_{\text{в}2}$	35–58	76,8	24,6	3,1	21,5	0,83	0,40
	A_2B	58–79	70,9	25,5	3,6	21,9	0,75	0,27
	B	79–114	73,2	25,7	3,8	21,9	0,64	0,21
	BC	114–130	72,1	25,3	3,4	21,9	0,77	0,23
	C	130–150	71,3	26,3	4,2	22,1	0,74	0,20

почв. Можно предположить, что при этом будет увеличиваться содержание валовых форм железа и алюминия.

Нами был определен неполный валовой химический состав почв (табл. 5), результаты которого показали, что в почве контроля валовое содержание оксида железа и алюминия в верхних горизонтах ($A_{\text{пах}}$, A'_2 , A''_2 и A_2B), было наименьшим по сравнению с длительно удобряемыми вариантами и находилось в пределах 19,8–23,8 %, тогда как в почвах вариантов с удобрениями их со-

держание в указанных горизонтах было несколько выше — 24,0–24,9.

При совместном внесении минеральных и органических удобрений полуторных оксидов накапливалось больше, чем в варианте только с минеральными удобрениями. С глубиной их содержание увеличивалось и выравнивалось по всем вариантам, причем чем выше была окультуренность почвы, тем ярче выражена оглееность профиля подзолистых почв, хотя разницы в содержании оксидов железа по вариантам практически не наблюдалось. Содержание оксидов алюминия было меньше в почве контроля.

Подобную закономерность отметил в свое время Е.М. Непряхин (1977). Он, в частности, писал, что в подзолистых почвах Томской области «прослеживаемое накопление железа (в большинстве горизонтов) во многих почвах не подтверждается данными валового анализа, так как постоянное изменение окислительно-восстановительных условий приводит к накоплению неокристаллизованных форм железа без изменения его общего количественного содержания» (с. 80).

По мнению Е.М. Непряхина (1977), в подзолистых почвах оксиды кальция и магния, вероятно, входят в состав силикатов, поэтому биогенной аккумуляции их в большинстве почв не наблюдается. Подобное проявление выявлено и нами в контроле, где удобрения не вносились (см. табл. 5). В удобренных вариантах четко прослеживается в верхних корнеобитаемых горизонтах ($A_{\text{пах}}$, A'_2 и A''_2) биогенное накопление как кальция, так и магния, причем процесс накопления кальция выражен более четко в варианте с совместным применением минеральных и органических удобрений, что свидетельствует об усиленном развитии дернового процесса по сравнению с подзолообразовательным. С глубиной содержание валового кальция и магния в удобренных вариантах уменьшается, тогда как в контроле распределение кальция и магния в профиле подчинено подзолообразовательному процессу, в связи с чем максимум этих элементов обнаружен в нижних горизонтах.

Максимальное содержание оксидов кремния в почве контроля было обнаружено в горизонтах A'_2 и A''_2 и составляло 75,5 %. При многолетнем применении удобрений его максимум также приходился на эти горизонты (72,9–76,8 %), что подтверждает развитие в почвах подзолообразовательного процесса. С глубиной содержание оксида кремния снижается.

Таким образом, на основании выполненных исследований морфологических профилей дерново-подзолистых почв различной степени окультуренности можно сделать следующие выводы:

1. Длительное антропогенное воздействие на дерново-подзолистые почвы таежной зоны Западной Сибири приводит к формированию своеобразного почвенного профиля агропочв. В них выделяются горизонты $A_{\text{пах}}$, A'_2 , A''_2 , A_2B , B , BC и C . Причем, как правило, в зависимости от окультуренности происходит дифференциация горизонта $A_{\text{пах}}$ на подгоризонты. Чем выше степень окультуренности, тем данная дифференциация выражена слабее.

2. Наибольшая степень окультуренности проявляется в горизонте $A_{\text{пах}}$. Длительное применение одних минеральных удобрений не оказывает существенного влияния на морфологический профиль дерново-подзолистых агропочв по сравнению с контролем, где удобрения не вносили.

3. Окультурирование дерново-подзолистых почв: длительное систематическое внесение минеральных и органических удобрений, периодическое внесение извести и припашка подпахотного горизонта — способствует созданию значительного пахотного горизонта $A_{\text{пах}}$ с хорошей оструктуренностью, плотностью, рыхлостью и т. д.

4. В окультуренных подзолистых почвах, особенно в подпахотных горизонтах, усиливаются процессы оподзоливания (подзолизации и лессиважа), приводящие к дополнительному оглеению почвенного профиля, его существенному изменению и формированию нескольких подгоризонтов в горизонте A_2 . Последний имеет не белесый цвет за счет SiO_2 , а буровато-желто-охристый за счет передвижения продуктов гидролиза из верхнего пахотного горизонта.

4.2. Черноземы Западной Сибири

Черноземы Западной Сибири формируются на плакорах и в верхних частях склонов различной крутизны и ориентации на лессовидных карбонатных суглинках под воздействием травянистой растительности. Для них характерна высокая гумусированность профиля, значительные запасы питательных веществ, насыщенность ППК обменными основаниями, главным образом кальцием, нейтральная или близкая к нейтральной реакция почвенного раствора. Генетический профиль черноземов Сибири

характеризуется однородностью, отсутствием существенного перемещения почвенных коллоидов и постепенным снижением содержания гумуса вниз по профилю. Поэтому в них отсутствуют, как правило, морфологически четко выраженные горизонты.

О происхождении западно-сибирских черноземов существует несколько мнений и гипотез. Первые материалы по ним обобщены В.В. Докучаевым (1949), согласно которым, черноземы Сибири генетически связаны с болотными, солонцеватыми и аллювиальными почвами и унаследовали от них некоторые благоприятные свойства. Однако С.С. Неуструев (1925) формирование черноземов из болотных почв считал исключительно частным случаем и обосновал их растительно-наземное происхождение. Первые обобщенные данные по черноземам даны К.П. Горшениным (1955). Он обосновал генезис этих почв, направленность почвообразования и их реликтовую сущность. Согласно учению К.П. Горшенина, черноземы Сибири развивались при пониженном базисе эрозии и уровне залегания грунтовых вод на незасоленных или слабозасоленных породах дренированных территорий. Их эволюция происходила по схеме: слабозасоленные почвы → слабосолонцеватые → черноземы. Большой вклад в изучение черноземов внесли Н.И. Богданов (1977) и В.А. Хмелев (1989).

Профиль черноземов Сибири характеризуется следующими показателями.

1. Гумусово-аккумулятивный горизонт *A* содержит гумуса от 5–9 до 12 % в оподзоленных и выщелоченных и от 6 до 10 % — в обыкновенных. В горизонте *B* его количество резко падает на 40–50 %.

2. Карбонатный горизонт расположен неглубоко, что связано с континентальностью климата, незначительным количеством осадков, которые не обеспечивают глубокого промывания карбонатов.

3. Местами хорошо выражены признаки луговости и солонцеватости: слабая оструктуренность, склонность к распылению макроструктурных отдельностей при распахке, наличие признаков оглеености в нижних горизонтах, присутствие небольших количеств обменного натрия в ППК, отчетливо выраженная иллювированность горизонта *B*, а также несвойственная черноземам слабощелочная реакция почвенного раствора.

4. В верхних гумусовых горизонтах иногда отмечается повышенное содержание кремнезема, что свидетельствует о предшествующей стадии солонцеватости и осолодения.

Антропогенно-сформированный пахотный горизонт черноземов более подвержен климатическим и погодным явлениям, эрозии, поступлению химических соединений по сравнению с верхними горизонтами естественных почв, которые обладают большим «буферным» эффектом фитоценоза. Наличие пахотного горизонта обеспечивается постоянным комплексом агротехнических мероприятий, обязательных в земледелии. Если изменяется вид использования, пахотный горизонт оказывается под воздействием природных факторов, которые постепенно восстанавливают верхнюю часть почвенного профиля. Скорость почвообразовательных процессов в антропогенно-измененных почвах значительно выше, чем в природных.

Антропогенное влияние на черноземы разнообразно, продолжительно, непрерывно и в большинстве своем интенсивно. Следует отметить, что антропогенной трансформации черноземов посвящено большое количество работ (Чесняк, 1973; Муха, 1979; Антропогенная ..., 2000; Муха, 2004 и др.). Эти работы проводились на черноземах европейской части России. Вопросом агропедогенеза черноземов Западной Сибири уделено сравнительно мало внимания. В частности, М.А. Винокуровым (1927) и А.А. Лазаревым (1936) установлено, что при замене естественной растительности культурной на черноземах Западной Сибири происходит увеличение мощности гумусового слоя и опускание линии вскипания. В связи с этим данные авторы пришли к выводу об их деградации. Исследования черноземов типичных европейской части свидетельствуют о том, что сельскохозяйственное использование их качественно не изменяет и даже благоприятствует развитию естественного зонального почвообразовательного процесса (Адерихин, 1964; Муха, Филон, 1998; Муха, 2004 и др.).

4.2.1. Черноземы выщелоченные

Анализ морфологических почвенных профилей чернозема выщелоченного Алтайского Приобья проводили на Западно-Сибирской овощной станции.

В контроле морфологический профиль почвы имел следующий вид.

Вскипание от соляной кислоты – с 98 см.

$A_{\text{пах}}$, 0–24 см	Темно-серый, зернисто-комковато-пылеватый, преобладает комковатость, влажный, слой 0–15 см рыхлый, далее значительно уплотнен, поры крупные, среднесуглинистый, пронизан корнями растений. Переход в следующий горизонт постепенный.
A , 24–39 см	Темно-серый, комковато-зернистый, влажный, среднесуглинистый, уплотнен, хорошо видна оструктуренность, пронизан корнями растений. Переход в следующий горизонт ясный.
AB , 39–56 см	Темно-серый с бурым оттенком, непрочно-комковатый, увлажнен, среднесуглинистый, пористый, поры различной величины с преобладанием средней, уплотнен слабее предыдущего, пронизан корнями растений. Переход в следующий горизонт потековидный.
B , 56–76 см	Буровато-серый с серым оттенком, потеки гумуса, увлажнен, непрочно-комковатый, среднесуглинистый, слабо уплотнен, пористый, пронизан корнями растений. Переход в следующий горизонт ясный.
BC , 76–98 см	Желто-бурый с тонкими гумусовыми потеками, влажный, слабо уплотнен, пористый, непрочно комковатый, среднесуглинистый, пронизан единичными корнями растений. Переход в следующий горизонт ясный.
C , 98–160 см	Палево-желтый, увлажнен, рыхлый, бесструктурный, пористый, бурно вскипает от соляной кислоты, карбонаты представлены псевдомицелием, с 90 см кротовина, заполненная гумусовым материалом. Видны единичные корневинны.

Таким образом, визуально в контрольном варианте без удобрений заметна существенная уплотненность всего гумусового слоя до глубины 56 см за исключением слоя 0–15 см, который подвержен сезонному рыхлению (культивациям) на эту глубину. В горизонте $A_{\text{пах}}$ преобладает комковатая структура, которая хорошо видна на рис. 7, причем комковатость (глыбистость) с глубиной заметно возрастает. Здесь, так же как и в дерново-подзолистых почвах, выделяются по плотности в пахотном горизонте два подгоризонта, но выраженность эта недостаточно четкая. Данная уплотненность, по всей вероятности, связана с одной стороны, с уплотнением почвы техникой, а с другой — с уменьшением «буферности» черноземов без применения удобрений, снижением их сопротивляемости антропогенным воздействиям, в результате чего в почвенном профиле черноземов возникает переуплотнение и коркообразование. Этому также способствуют, вероятно, по-

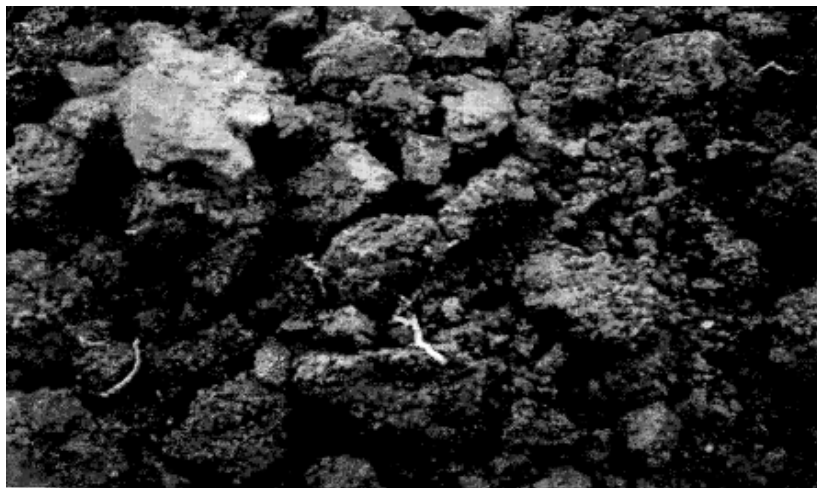


Рис. 7. Морфологическая структура пахотного горизонта чернозема выщелоченного Алтайского Приобья (Западно-Сибирская овощная станция):

а — контроль; *б* — ежегодное внесение НРК

ниженные микробиологические процессы и орошение, которое на фоне нехватки питательных веществ вызывает разрушение агрономически ценной структуры. При описании почвенного

профиля черноземов в контроле нами не было обнаружено наличие дождевых червей, которые практически всегда сопутствуют овощным севооборотам при их высокой удобренности.

Профиль чернозема выщелоченного в варианте с ежегодным внесением минеральных удобрений несколько отличается от профиля контроля. Он имеет следующий вид.

$A_{\text{пах}}$, 0–24 см	Темно-серый, комковато-зернистый, влажный, среднесуглинистый, уплотнен, структура представлена хорошо выраженными копролитами, крупнопористый, пронизан корнями растений, встречаются единичные дождевые черви. Переход в следующий горизонт постепенный.
A , 24–34 см	Темно-серый, комковато-зернистый с хорошо выраженными копролитами, среднесуглинистый, слегка увлажнен, уплотнен, много червоточин, пронизан корнями растений. Переход в следующий горизонт ясный по цвету.
AB , 34–47 см	Темно-серый с ясно выраженным буроватым оттенком, комковато-зернистый, среднесуглинистый, увлажнен, пронизан корнями растений. Переход в следующий горизонт потеквидный.
B , 47–63 см	Желтовато-бурый с сильно выраженными потеками, увлажнен, непрочно-комковатый, среднесуглинистый, рыхлый, пористый, имеются кротовины, заполненные гумусовым материалом. Переход в следующий горизонт постепенный.
BC , 63–87 см	Желто-бурый, комковатый, среднесуглинистый, слегка увлажнен, рыхлый, пористый, имеются кротовины и червоточины, пронизан единичными корнями растений. Переход в следующий горизонт постепенный.
C , 87–110 см	Желто-бурый, непрочно-комковатый, увлажнен, среднесуглинистый, рыхлый, бескарбонатный, пористый, имеются единичные корни. Переход в следующий горизонт ясный по цвету.
C_2 , 110–150 см	Желто-бурый с палевым оттенком, слабо уплотнен, непрочно-комковатый, пористый, бурно вскипает от соляной кислоты, карбонаты представлены псевдомицелием, среднесуглинистый.

Итак, в варианте с минеральными удобрениями чернозем выщелоченный имеет несколько укороченный гумусовый слой ($A + AB = 47$ см) и более глубокое залегание карбонатов по сравнению с контролем, что в какой-то степени связано с пестротой почвенного покрова. В профиле четко выделяются два подгоризонта в материнской породе (горизонт C): C_1 — бескарбонатный

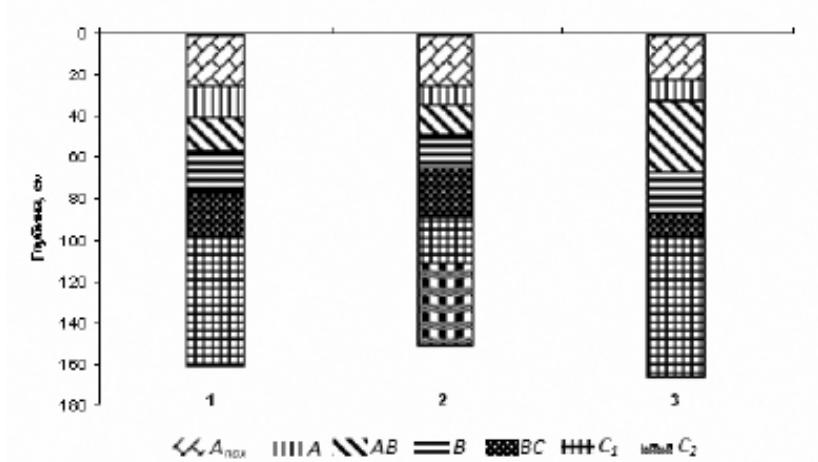


Рис. 8. Изменение морфологического профиля чернозема выщелоченного Алтайского Приобья при интенсивном использовании (Западно-Сибирская овощная станция):

1 — контроль; 2 — $N_{56}P_{81}K_{66}$; 3 — $N_{56}P_{81}K_{66} + 6$ т/га навоза

желто-бурый суглинок и C_2 — желто-бурый с палевым оттенком за счет обилия псевдомицелия (рис. 8).

Плотность горизонтов здесь значительно ниже, чем в контроле, отмечается перерывность генетических горизонтов землеройками и дождевыми червями, что свидетельствует о высоком плодородии данной почвы. Кротовины встречаются в горизонте BC , а в горизонтах $A_{\text{пах}}$ и A структура копролитовая (экскременты дождевых червей).

В профиле чернозема выщелоченного в варианте с внесением минеральных и органических удобрений выделены следующие генетические горизонты: $A_{\text{пах}}$, 0–24 см; A , 24–32 см; AB , 32–66 см; B , 66–86 см; BC , 86–98 см; C , 98–165 см. Линия вскипания от соляной кислоты неровная — с 35 до 70 см вследствие сильной перерывности профиля землеройками, обилия кротовин, сверху заполненных материнской породой, а снизу — гумусовым слоем. Весь профиль рыхлый, уплотненности практически нет даже в нижних горизонтах. Пахотный горизонт имеет копролитовую структуру. Встречаются черви, что характеризует высокое плодородие почвы.

В морфологическом профиле изученных черноземов визуально отсутствует четко выраженный карбонатный горизонт. Скопление карбонатов в виде псевдомицелия начинается с глубины 98–110 см. По мнению некоторых исследователей (Герасимова и др., 2003), псевдомицелий является начальной стадией формирования их скоплений — белоглазок, куколок, журавчиков и др. Причиной глубокого залегания карбонатного горизонта, по нашему мнению, могут быть частые поливы (до 3–5 раз за сезон) и возможное в связи с этим более частое периодическое промачивание профиля и промывание карбонатов в более глубокие слои.

Таким образом, при интенсивном антропогенном использовании черноземов выщелоченных Алтайского Приобья в овощном севообороте, в котором ежегодно применяются высокие дозы минеральных удобрений и полив, существенных изменений в их профиле не происходит, а при применении органических удобрений проявляется положительное антропогенное воздействие, что свидетельствует о высокой устойчивости дернового процесса почвообразования. Отсутствие принципиальных изменений в строении профиля чернозема под воздействием антропогенного фактора было также ранее отмечено В.Д. Мухой (1979). По его мнению, закономерности развития антропогенеза наиболее близки к закономерностям естественного дернового процесса почвообразования.

Вовлечение черноземов в сельскохозяйственное производство приводит к разрушению природной структуры, увеличению пылеватости или глыбистости пахотного горизонта, что было отмечено нами в контрольном варианте (без удобрений). Окультуривание данных почв (высокая агротехника, внесение минеральных и органических удобрений и т. д.) способствует улучшению структуры пахотного горизонта, усиливая биологические процессы, в том числе развитие дождевых червей, что в целом создает условия для формирования агрономически ценной комковато-зернистой структуры.

Опыт по длительному применению минеральных удобрений на черноземах выщелоченных Новосибирского Приобья (ОПХ «Боровское» Новосибирской области) на орошаемом пастбище можно рассматривать как пример природного восстановления их почвенного профиля с участием антропогенного фактора, где последняя основная обработка была проведена в 1976 г. В последующие годы ежегодно вносили минеральные удобрения по-

верхностно, проводили боронование трав и периодический полив (Аникина и др., 1988). С 2000 г. опытный участок не поливали.

В контроле (без удобрений) морфологический профиль чернозема имел следующее строение.

Многолетние травы. Вскипает от соляной кислоты с 80 см.

- | | |
|------------------------------------|--|
| <i>A</i> , 3–26 см | Темно-серый, комковато-зернистый, каждый комочек пронизан корнями растений, рыхлый, свежий, легкосуглинистый, крупнопористый, имеются пустоты в виде нор землероек, несколько перерыт ими. Переход в следующий горизонт постепенный. |
| <i>AB</i> , 26–42 см | Темно-серый с ясно выраженным буроватым оттенком, свежий, слегка уплотнен, комковато-зернистый, имеются корни растений, среднесуглинистый. Переход в следующий горизонт постепенный. |
| <i>B</i> , 42–54 см | Желтовато-бурый уплотнен, слегка увлажнен, корни растений, непрочно-комковатый, ходы землероек, среднесуглинистый. Переход в следующий горизонт постепенный. |
| <i>BC</i> , 54–80 см | Желто-бурый, уплотнен, непрочно-комковатый, единичные корни растений, пористый, легкосуглинистый. Переход в следующий горизонт ясный. |
| <i>C_{1к}</i> , 80–106 см | Буровато-желтый, с палевым оттенком, карбонатный, карбонаты представлены псевдомицелием и белоглазкой по всему горизонту, единичные корни растений, комковатый, уплотнен, слегка увлажнен, легкосуглинистый, бурно вскипает от HCl. Переход в следующий горизонт ясный из-за отсутствия псевдомицелия. |
| <i>C_{2к}</i> , 110–150 см | Палево-желтый, карбонатный, с палевым оттенком, скопления карбонатов выражены слабо, увлажнен, рыхлый, бесструктурный, супесчаный. |

Морфологический профиль чернозема выщелоченного при ежегодном внесении минеральных удобрений имел следующий вид (вариант $P_{90}K_{60} + N_{180}$).

Вскипает от соляной кислоты с 67 см.

- | | |
|-------------------------------|---|
| <i>A₀</i> , 0–3 см | Дернина, степной войлок. |
| <i>A</i> , 3–25 см | Темно-серый с коричневым оттенком, сильно пронизан корнями растений, рыхлый, слегка увлажнен, комковато-зернистый, среднесуглинистый. Переход в следующий горизонт ясный по цвету. |
| <i>AB</i> , 25–44 см | Бурый, с небольшими гумусовыми затеками, комковато-зернистый, слегка уплотнен, пористый, сильно пронизан корнями растений, увлажнен, среднесуглинистый. Переход в следующий горизонт постепенный. |

- B , 44–67 см Желто-бурый, пронизан корнями растений, непрочнокомковатый, хорошо видны корневины, увлажнен, слегка уплотнен, кротовины заполнены гумусовым материалом. Переход в следующий горизонт ясный по цвету.
- BC_K , 67–97 см Желто-бурый с белесоватым оттенком от обилия карбонатов, карбонаты в виде псевдомицелия, цбурно вскипает, крупнопористый, ходы корней и насекомых, среднесуглинистый. Переход в следующий горизонт постепенный.
- C_{1K} , 97–127 см Белесовато-желтый, много карбонатов, карбонаты в виде небольших скоплений (белоглазка), опесчан. Переход в следующий горизонт ясный по структуре.
- C_{2K} , 127–160 см Желтовато-палевый, карбонатный, пористый, легкосуглинистый, местами супесчаный, суглинистые прослойки.

На рис. 9 схематически представлены описываемые почвенные профили черноземов выщелоченных, из которых видно, что их использование в течение 28 лет под пастбище способствовало формированию с поверхности дернины (горизонт A_0) с хорошо выраженным войлоком, т. е. за данный период, когда почва длительно не обрабатывалась, происходило ее постепенное восстановление. Ежегодное поверхностное внесение возрастающих доз минеральных удобрений способствовало увеличению как гуму-

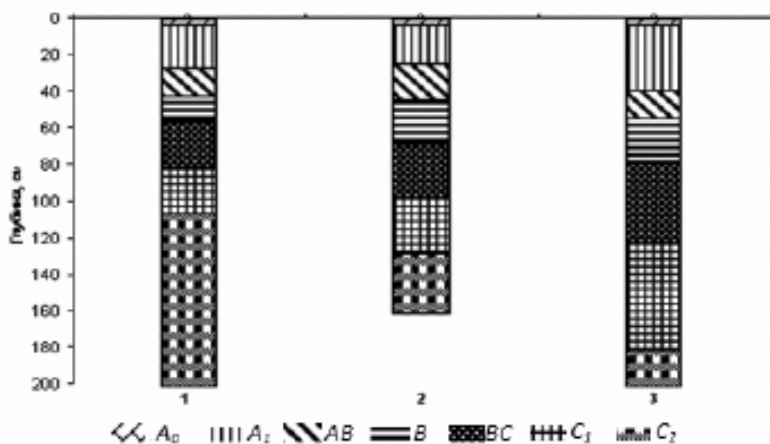


Рис. 9. Профили чернозема выщелоченного в опыте с длительным применением минеральных удобрений с орошением (ОПХ «Боровское» Ордынского района Новосибирской области, пастбище):

1 — контроль; 2 — $P_{90}K_{60} + N_{180}$; 3 — $P_{90}K_{120} + N_{300}$

сового слоя ($A + AB$), так и в целом всего почвенного профиля. Если мощность гумусового слоя в контроле (без удобрений) составила 42 см, то в варианте $P_{90}K_{120} + N_{300}$ — 53 см, причем четко прослеживается тенденция к увеличению гумусового слоя с возрастанием доз удобрений, особенно азотных.

При морфологическом описании в данном опыте почвенного профиля чернозема выщелоченного через 8 лет орошения А.П. Аникиной и др. (1988) были уже отмечены его существенные изменения, что выразилось в нечеткости, расплывчатости границы между гумусовым и переходным горизонтами, в образовании прокрашенных органическим веществом узких потеков до глубины 150–190 см и проявлении на глубине 2,5–3 м в песчаных прослойках признаков ожелезнения. Все это свидетельствует об усилении при орошении в профиле черноземов несвойственных для них миграционных процессов.

При анализе данных по морфологическому описанию профиля черноземов выщелоченных Приобья нами было установлено, что в пашне в овощном севообороте нет четко выраженного скопления карбонатов. Иной морфологический профиль имеет чернозем на многолетнем пастбище — на всех разрезах четко выделяются скопления карбонатов в виде псевдомицелия и белоглазки. В вариантах с высокими дозами минеральных удобрений этот карбонатный слой более мощный, чем в контроле, хотя глубина его залегания примерно одинакова. Если в контроле скопление карбонатов находится на глубине 80–106 см (см. рис. 9), то в варианте с максимальной дозой удобрений ($P_{90}K_{120} + N_{300}$) оно приходится на горизонт *BC* (глубина 80–122 см при мощности 44 см).

Сравнивая морфологические профили черноземов выщелоченных, используемых в овощном севообороте и на пастбище, можно сделать следующие выводы.

1. При интенсивном использовании черноземов выщелоченных в овощном севообороте с частым орошением в них визуально отсутствует четко выраженный слой скопления карбонатов. Карбонаты представлены на определенной глубине большим, равномерным скоплением в виде псевдомицелия. В пахотном горизонте при применении минеральных удобрений появляются дождевые черви, которые создают копролитовую структуру. Количество дождевых червей визуальнo значительно возрастает при совместном применении минеральных и органических удо-

брений. В контрольных вариантах (без удобрений) формируется пылевато-комковатая структура с преобладанием комковатости.

2. На многолетнем пастбище в гумусовых горизонтах чернозема выщелоченного образуется четко выраженная комковато-зернистая структура. Пылеватость практически отсутствует. С увеличением доз минеральных удобрений структура горизонта A улучшается, постепенно возрастает мощность гумусового слоя ($A + AB$). В морфологическом профиле четко выделяется карбонатный слой палевого цвета, в котором карбонаты представлены в виде псевдомицелия и белоглазки. С увеличением доз минеральных удобрений возрастает мощность скопления карбонатов и глубина его залегания. Ниже карбонатного слоя генетические горизонты вскипают, но карбонаты представлены в них в виде единичного рассеянного псевдомицелия.

4.2.2. Черноземы южные

Черноземы южные — зональные почвы засушливой степи, занимают водораздельные пространства западной части Приобского плато, гривы и плоские увалистые повышения северной части Кулундинской равнины (Панфилов, 1973). Они являются основным объектом сельскохозяйственного использования данной зоны.

На целине чернозем южный имел следующий морфологический профиль.

Вскипает от соляной кислоты с 73 см. Ярко выражено скопление карбонатов с глубины 73–107 см в виде псевдомицелия и пятен непрочных конкреций. Степень покрытия 100 %.

A_0 , $\frac{0-3}{3}$ см Дернина, пронизанная корнями растений и органическими полуразложившимися остатками (степной войлок).

A_1 , $\frac{3-27}{24}$ см Темно-серый, однородно окрашен, комковато-зернисто-пылеватый, легкосуглинистый, видны крупные песчинки, плотный, сухой, хорошо видны отдельные трещины, по всему горизонту имеются кротовины, заполненные рыхлым гумусовым материалом. Переход в следующий горизонт потековидный.

AB , $\frac{27-42}{15}$ см Темновато-серый с буризной, усиливающейся книзу, неоднородно окрашен, плотный, сухой, непрочно-комковато-зернистый, пористый, из-за сухости распадается на отдельные комочки, на которых слабо выражен глянec, имеются кротовины, заполненные гумусовым материалом, видны отдельные корневины, пронизан корнями. Переход в следующий горизонт ясный.

$B_1, \frac{42-73}{31} \text{ см}$	Желто-бурый, комковатый, однородно окрашен, легко-суглинистый, близкий к супесчаному, пористый, свежий, видны единичные корневинны, много корней, переход резкий по цвету.
$B_{2к}, \frac{73-107}{34} \text{ см}$	Белесовато-желтый, близкий к белесому из-за большого скопления карбонатов в виде пятен непрочных конкреций, непрочно-комковато-призмовидный, легкосуглинистый, пористый, преобладают крупные поры, бурно вскипает от соляной кислоты. Переход в следующий горизонт ясный.
$BC_k, \frac{107-120}{13} \text{ см}$	Желтый с палевым оттенком, бурно вскипает, но скопленный карбонатов значительно меньше, чем в горизонте B_2 . Карбонаты в виде псевдомицелия и пятен, легкосуглинистый, ближе к супесчаному. Переход постепенный.
$C_k, \frac{120-134}{14} \text{ см}$	Желтый, бесструктурный. Слегка увлажненный, карбонатный, карбонаты в виде небольших непрочных конкреций, опесчаненный суглинок.

Расположенный в непосредственной близости в пашне чернозем южный имеет схожий профиль с целиной, однако между ними имеются различия (рис. 10).

В пахотном горизонте выделяются два подгоризонта: 0–10 см — рыхлый, комковато-пылевато-зернистый, с обилием

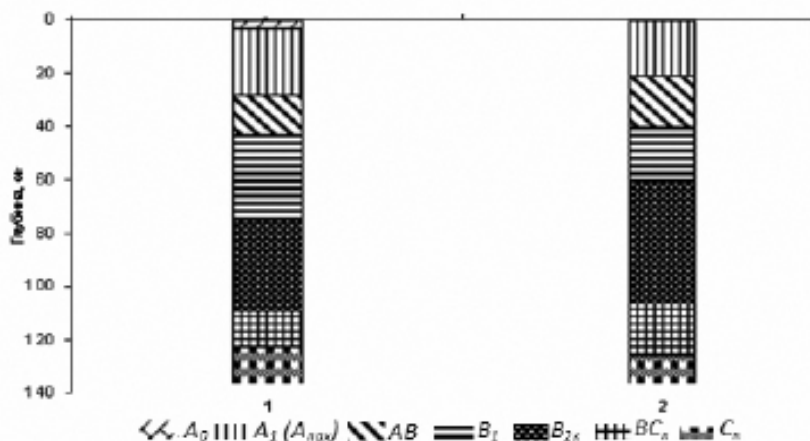


Рис. 10. Изменение морфологического профиля черноземов южных под влиянием сельскохозяйственного использования:

1 — целина; 2 — пашня

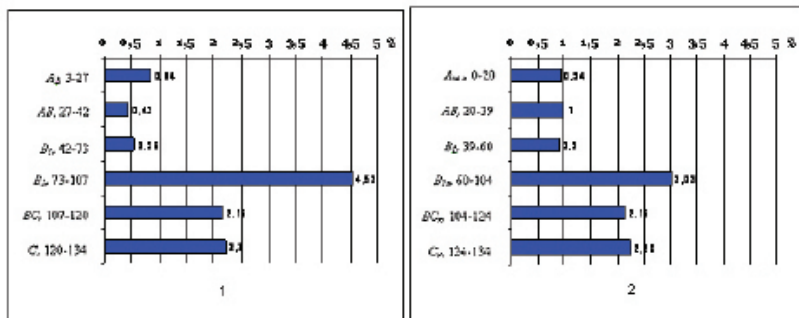


Рис. 11. Изменение содержания карбонатов (CO₂) в черноземах южных при различном сельскохозяйственном использовании:

1 — целина; 2 — пашня

неперепревшей стерни и подгоризонт 10–20 см — плотный, комковатый, при разминании зернистый; «карбонатный пояс» более растянут по сравнению с целиной, более «размазан» и визуально в нем меньше сконцентрировано карбонатов. Его мощность составляет 44 см (от 60 до 104 см), тогда как на целине он залегает глубже (от 73 до 107 см), а мощность меньше — 34 см.

Данные по изменению содержания карбонатов в морфологическом профиле черноземов южных (рис. 11) свидетельствуют, что на целине их максимум находится в горизонте B₂ на глубине 73–107 см и составляет 4,53 % от массы почвы. В пашне под второй пшеницей после пара содержание карбонатов в горизонте B₂ меньше (3,03 %), а в верхних горизонтах их содержание увеличивается, что указывает на наличие восходящих потоков почвенной влаги в пашне, а вместе с ней и карбонатов.

По данным Ф.Я. Гаврилюка (1955), Л.И. Бреховой и Д.К. Щеглова (2004), причиной изменения карбонатного профиля пахотных черноземов по сравнению с целиной и залежью является изменение гидрологического режима при их сельскохозяйственном использовании. Известно, что гидрокарбонат кальция мигрирует вверх по профилю при наличии восходящих потоков почвенной влаги. Под многолетними травами мощные корневые системы интенсивно используют имеющуюся влагу из слоя 0–77 см и сдерживают тем самым восходящую миграцию карбонатов. Поэтому на залежи и целине количество карбонатов увеличивается в карбонатном слое.

Таким образом, при сельскохозяйственном использовании черноземов южных Кулундинской степи в их морфологическом профиле происходят некоторые изменения: в пахотном горизонте четко выделяются два подгоризонта: верхний – рыхлый, комковато-пылевато-зернистый и нижний — более плотный, комковатый. Карбонатный слой в пахотных черноземах более «растянут» и в нем меньше сконцентрировано карбонатов по сравнению с целиной.

4.3. Каштановые почвы

Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о том, что сельскохозяйственное использование почв (антропогенное воздействие) существенно изменяет их состав, свойства, отражается на морфологическом профиле и главном свойстве — плодородии.

Свойства каштановых почв нами изучались на агрохимическом стационаре Кулундинской опытной станции (ныне отдел Алтайского НИИСХ) в четырехпольном севообороте «пар — пшеница — пшеница — овес», на бессменных парах, пшенице и многолетних травах (кострец + люцерна). Опыт заложен, как отмечалось нами ранее, в 1969 г. (Семендяева, Кенжегулова, 2009). В опыте соблюдалась единая технология для каждого варианта, поэтому изменения, происшедшие в морфологическом профиле, связаны только с антропогенным воздействием.

В морфологическом профиле каштановых почв выделены следующие генетические горизонты: $A_{\text{пах}}$ мощностью 19–24 см; AB — от 8 до 19; B_1 — от 30 до 77; $B_{2к}$ (карбонатный пояс) — от 54–78 до 86–113 см, представленный в виде обильных сплошных пятен карбонатов. Затем сравнительно четко выделяется горизонт BC мощностью 86–113 см, который постепенно переходит в материнскую породу C .

В качестве примера приводим морфологическое описание почвенного профиля, вскрытого на делянке четырехпольного севооборота под второй пшеницей после пара. Рельеф — равнинный, растительность — пшеница, состояние хорошее.

Вскипает от соляной кислоты с 63 см, скопление карбонатов с 63 до 93 см.

$A_{\text{пах}}, \frac{0-21}{21} \text{ см}$	Коричневый, однородной окраски, выделяются два подгоризонта: рыхлый 0–9 см и более уплотненный 10–21 см, супесчаный, комковато-зернисто-пылеватый, пронизан корнями растений, свежий, хорошо видны крупные отдельные песчинки. Переход в следующий горизонт заметный по цвету.
$AB, \frac{21-35}{14} \text{ см}$	Коричневатый с желтоватым оттенком, неоднородно окрашен, уплотнен, свежий, видны корневища, единичные трещины и корни растений, супесчаный. Переход небольшими потеками.
$B_1, \frac{35-63}{28} \text{ см}$	Желтый с бурым оттенком, окрашен сравнительно равномерно, но местами видны темные затеки гумуса, корневины, комковатый, плотный, свежий. Переход ясный по цвету.
$B_{2к}, \frac{63-93}{30} \text{ см}$	Палево-желтый, практически белесый «карбонатный пояс» плотный, комковатый, значительное скопление карбонатов в виде потеков, непрочных желваков и пятен, свежие корни растений, кротовины, заполненные материнской породой, супесчаный. Переход ясный по цвету.
$BC_K, \frac{93-118}{25} \text{ см}$	Палево-желтый, карбонатный, песчаный, много крупных песчинок, карбонаты в виде пятен, свежий, почти бесструктурный. Переход в следующий горизонт постепенный.
$C_K, \frac{118-149}{31} \text{ см}$	Желтоватый, влажный, бесструктурный, песчаный, карбонатный аллювий.

Сравнивая между собой мощности генетических горизонтов (рис. 12), можно видеть, что за 37 лет в изучаемых вариантах наибольшая мощность гумусового слоя ($A_{\text{пах}} + AB$) отмечена под бессменными многолетними травами, где она составила 38 см. Этот вариант опыта практически является многолетней залежью, которая по своим свойствам должна приближаться к целине. Далее следуют гумусовый слой под второй пшеницей после пара в севообороте и бессменная пшеница. Наименьшая мощность гумусового слоя выявлена в бессменном пару — 30 см, что вполне логично, так как многолетнее парование способствует уменьшению гумусового слоя из-за отсутствия поступления свежих порций органического вещества.

Уровень залегания карбонатного слоя (см. рис. 12) наиболее высокий (54 см) под бессменным паром, что связано с высокой испаряемостью влаги с поверхности, не занятой растительностью. С влагой к поверхности подтягиваются и карбонаты, при-

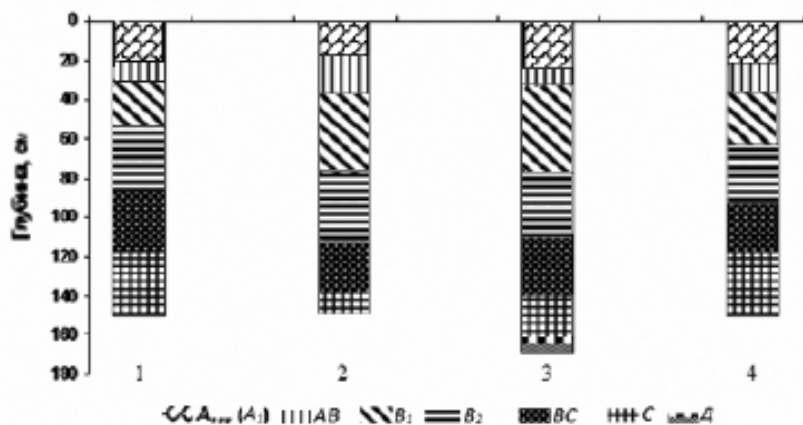


Рис. 12. Изменение морфологического профиля каштановых почв под влиянием сельскохозяйственного использования:

- 1 — бессменный пар; 2 — бессменные многолетние травы; 3 — бессменная пшеница; 4 — вторая пшеница после пара

чем здесь карбонаты как бы «размазаны» по профилю и визуаль-но их меньше, чем в других вариантах. Такое же влияние пара на распределение карбонатов проявляется и в четырехпольном сево-обороте, где поле паруетсЯ каждый четвертый год. Карбонатный слой находится в пределах 63–93 см, т. е. он несколько опущен по сравнению с бессменным паром (на 9 см), а сами карбонаты более сконцентрированы. По данным Кулундинской опытной станции, пар в современных условиях Кулунды выполняет не столько функцию накопления влаги в профиле, сколько являет-ся необходимостью в подавлении сорняков (Гнатовский, Пургин, 2009). Под многолетними травами и бессменной пшеницей, где поле 37 лет ни разу не паровалось, карбонатный слой понижен до 77–78 см, т. е. на одну и ту же глубину. Многолетние травы и пшеница примерно одинаково влияют на уровень формирования карбонатного слоя. При этом следует заметить, что под много-летними травами карбонаты более сконцентрированы, чем под пшеницей.

Как отмечалось нами ранее, гидрокарбонат кальция мигриру-ет вверх по профилю с восходящими потоками почвенной влаги. Многолетние травы в условиях Кулунды интенсивно ее исполь-зуют и тем самым сдерживают миграцию карбонатов. Поэтому их количество возрастает под травами. На рис. 13 представлены

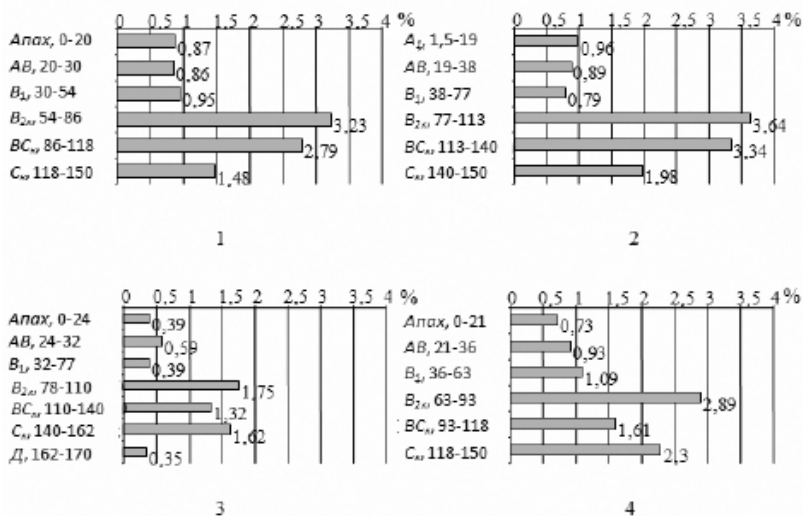


Рис. 13. Изменение содержания карбонатов (CO_2) в каштановых почвах при различном сельскохозяйственном использовании:

1 — бессенный пар; 2 — бессенные многолетние травы; 3 — бессенная пшеница; 4 — вторая пшеница после пара

данные по изменению количественного содержания карбонатов в профиле каштановых почв, из которых видно, что наименьшее скопление карбонатов выявлено под бессенной пшеницей, где максимум их (1,75 % от массы почвы) установлен в горизонте B_{2K} . С глубиной содержание карбонатов несколько уменьшается, достигая минимума (0,35 %) в подстилающей породе D . Далее по возрастающему содержанию следуют вторая пшеница после пара и бессенный пар. Максимальное скопление карбонатов (до 3,64 %) отмечено под многолетними травами.

4.4. Солонцы

Морфологические признаки почвенного профиля солонцов, как и любого типа почв, являются их устойчивой внешней характеристикой. В них отражаются все важнейшие свойства, особенности происхождения и развития почв (Муха, 1981; Шишов и др., 2001). Установлено, что в результате распахки в солонцах формируется горизонт $A_{пах}$, в который вовлекаются горизонты A_0 —

дернина, A_1 — элювиальный горизонт (горизонт вымывания) и горизонт B_1 — иллювиальный, собственно солонцовый горизонт вымывания. Данный горизонт существенно отличается от генетических горизонтов целинных почв. При сельскохозяйственном использовании солонцов изменениям подвергаются не только пахотный, но и нижележащие горизонты.

Как отмечалось нами ранее, исследования проводились на солонцовом стационаре СибНИИЗХим в микроделяночных длительных опытах на мало- и многонатриевых мелиорированных солонцах (Семендяева, 1998; Семендяева, Анашкина, 2007). Изучались морфологические признаки антропогенно-измененных солонцов в сравнении их между собой и с целинными аналогами. Ранее И.Н. Любимовой (2003) профильное строение таких солонцов изучалось при помощи выделения морфонов по зарисовке и полифрагментов — по формулам, а нами проведено их детальное морфологическое описание.

Вскрытие почвенных профилей мелиорированных солонцов показало, что в контроле (без мелиорации) пахотный горизонт представляет собой смесь горизонтов A_0 , A_1 и B_1 со значительным преобладанием горизонта B , имеет глыбистую ореховатую структуру с глянцем на гранях структурных отдельностей. На делянке растительность практически отсутствовала.

Морфологический профиль солонцов многонатриевых в контроле имел следующий вид.

$A_{\text{пах}}, \frac{0-20}{20} \text{ см}$	Темно-серый, увлажнен, по профилю четко выделяется формирующийся столбчато-ореховатый горизонт B . Непрочно выраженные «столбы» прослеживаются с 4 до 12 см, а между ними — заполняющий материал, имеет ореховатую структуру, которая также отмечается глубже 12 см, очень плотный, глинистый, с ржаво-охристыми пятнами по всему горизонту, пронизан единичными корнями растений, вскипает с поверхности. Переход в следующий горизонт постепенный по структуре.
$B_2, \frac{20-35}{15} \text{ см}$	Темно-серый, неоднородно окрашен, слегка буроват, четко выделяются ржаво-охристые пятна, ореховатый, глянец на гранях структурных отдельностей, плотный, глинистый, увлажнен, вскипает от соляной кислоты. Переход в следующий горизонт ясный по цвету.
$B_3, \frac{35-58}{23} \text{ см}$	Желтовато-бурый, неоднородно окрашен, мелкоореховато-призмовидный, глянец на гранях структурных отдельностей, ржаво-охристые пятна, глинистый, влажный, видны скопления солей в виде пятен, бурно вскипает от соляной кислоты. Переход в следующий горизонт постепенный.

$BC, \frac{58-98}{40} \text{ см}$	Желто-бурый, неоднородно окрашенный, непрочно-призмовидный, глянцеватый, много ржаво-охристых пятен, влажный, глинистый, единичные крупные поры, бурно вскипает от соляной кислоты. Переход в следующий горизонт постепенный.
$C, \frac{98-120}{22} \text{ см}$	Желто-бурая, с оливковыми пятнами, влажная глина, единичные ржаво-охристые пятна, бурно вскипает от соляной кислоты.

Таким образом, после прекращения механической обработки в пахотном горизонте солонца коркового многонатриевого за 12-летний залежный период начинает восстанавливаться столбчатая структура, причем ее зарождение происходит внутри пахотного слоя, переходя книзу в ореховатую структуру. Вскипание от соляной кислоты отмечается с поверхности и по всему профилю, оглеение с глубиной усиливается, т. е. идет восстановление природно-естественного профиля именно солонца коркового лугового.

На целине вскипание отмечается с глубины 3 см. В горизонте B_1 оно слабое, а вглубь по профилю значительно усиливается. Визуальное скопление солей в целинном солонце отмечено с глубины 20 см, тогда как в контроле оно несколько выше — 15 см, что указывает на усиливающееся засоление.

Особый интерес представляют профили мелиорированных корковых солонцов, где действие гипса продолжается в течение 20 лет. Степень покрытия растительностью делянки варианта 11 т/га гипса составляет 50–60 %, а в гумусовом (пахотном) горизонте A четко выделяются три подгоризонта, в которых вскипание отмечено с поверхности. A_0 (0–2 см) — дернина. Затем идет подгоризонт A_1 (2–7 см) — серый, с белесоватым оттенком, слабо уплотненный, комковато-зернисто-пылеватый, глинистый, увлажненный, пронизанный корнями растений. Он постепенно переходит в собственно солонцовый горизонт B_1 (7–20 см) — темно-серый, комковато-призмовидно-столбчатый, книзу хорошо видна ореховато-призмовидная структура с глянцем на гранях структурных отдельностей, соли в виде тонкого псевдомицелия. Горизонт ясно по структуре переходит в горизонт B_2 (20–40 см) — серого цвета, книзу темновато-бурый, со значительными гумусовыми потеками и скоплением солей, призмовидно-глянцевый, глинистый, влажный, с ржаво-охристыми пятнами и железисто-марганцевыми бобовинами, переход в следующий горизонт постепенный. Горизонт B_c (40–64 см) — желтовато-бурый, с гуму-

совыми потеками, неоднородно окрашенный, увлажненный, призмовидный, глянцеватый, со значительным скоплением солей. Горизонты *BC* и *C* морфологически похожи на горизонты контрольного варианта.

Как свидетельствует морфологическое описание почвенного профиля солонца коркового многонатриевого, 20-летнее действие гипса в дозе 11 т/га (1/4 часть дозы от расчетной) несколько отразилось на внешних признаках почвы — корковой солонец перешел в мелкий солонец с мощностью горизонта *A* 0–7 см. Мелиоративные процессы визуально слабо отразились на типовых признаках нижележащих генетических горизонтов. Это типичный профиль агросолонца мелкого лугового.

Длительное действие полной нормы (45 т/га) и 1,25 нормы (56 т/га) гипса существенно изменяло внешние признаки солонцов корковых. Профили их несколько похожи, поэтому остановимся на описании варианта 45 т/га.

Степень покрытия растительностью — 70–80 % и более.

$A_{\text{пах}}, \frac{0-20}{20} \text{ см}$	Вскипает от соляной кислоты с поверхности, в горизонте <i>A</i> — слабо, с глубиной — бурно. Выделяется подгоризонт A_0 — дернина, пронизан корнями растений, ниже залегает собственно горизонт <i>A</i> — темно-серый, слегка белесоватый, комковато-зернистый, столбчато-ореховатой структуры нет, слегка уплотнен, глинистый. Переход в следующий горизонт постепенный.
$B_2, \frac{20-40}{20} \text{ см}$	Желтовато-бурый, увлажнен, единичные ржаво-охристые конкреции, комковато-непрочно-призмовидный, со слабым глянцем на гранях структурных отдельностей, глинистый, уплотнен, единичные корни растений. Переход в следующий горизонт постепенный.
$B_3, \frac{40-64}{24} \text{ см}$	Желтовато-бурый, неоднородно окрашен, непрочно-комковато-призмовидный, небольшой гланец, на гранях структурных отдельностей хорошо видны железисто-марганцевые бобовины, глинистый, увлажнен, единичные корни растений и крупные поры. Переход в следующий горизонт постепенный.
$BC, \frac{64-99}{35} \text{ см}$	Желто-бурый, с оливковым оттенком, ржаво-охристые пятна и скопление солей в виде псевдомицелия, с 54 см глинистый, влажный, единичные корни растений и крупные единичные поры. Переход в следующий горизонт постепенный.
$C, \frac{99-120}{21} \text{ см}$	Желто-бурая, с оливковым оттенком, влажная карбонатная глина.

В варианте 56 т/га горизонт $A_{\text{пах}}$ (0–20 см) более рыхлый, комковато-зернистый, слабовскипающий, пронизан корнями растений. В нижних горизонтах усиливаются гумусовые потеки. Видимые скопления солей залегают глубже, чем в варианте 45 т/га (77 см).

Согласно классификации почв России, эти почвы следовало бы отнести к агросолонцам, сформированным при освоении корковых и мелких темных солонцов, подтип — агрогетерогенный. Последние «диагностируются по наличию в агрогоризонте ($A_{\text{пах}}$) отдельных фрагментов солонцового горизонта при сохранении его нижней части и всех нижележащих горизонтов в естественном состоянии» (Классификация ..., 2004, с. 166).

К данному типу и подтипу можно отнести профили солонцов в контроле и при дозе гипса 11 т/га, где химическая мелиорация прошла лишь в слое 0–7 см, а в вариантах 45 и 56 т/га фрагментов солонцовых горизонтов в пахотном слое нет. Он имеет комковато-зернистую структуру, видимые скопления солей значительно опущены, процессами мелиорации охвачены все генетические горизонты, и здесь целесообразно говорить о новом типе агрогенных почв — антропогенно-луговых солонцевато-солончаковых.

Установленная закономерность сохраняется и в морфологических профилях солонцов малонатриевых, но в данном случае процессы химической мелиорации выражены более глубоко, что проявляется в первую очередь в структуре и плотности нижележащих горизонтов, меньшей выраженности признаков оглеения и более низкой линии залегания визуального скопления солей. Профили почв на делянках с дозой гипса 12 и 18 т/га близки между собой, и их правомерно отнести к агрогенно-луговым сильно-солонцевато-солончаковым. В вариантах 35–50 т/га процессы рассолонцевания еще более глубокие и поэтому антропогенно-формирующиеся почвы можно отнести к агрогенно-черноземно-луговым солонцевато-солончаковым.

К подобному заключению пришел и Л.В. Березин (2005), который изучал морфологический профиль солонцов на Голубковском стационаре совместно с кафедрой ботаники Омского сельскохозяйственного института. Им, в частности, было установлено, что после семилетнего рыхления мелкого содового солонца в контроле (без мелиорантов) происходит постепенное восстановление столбчатой структуры. Плотность иллювиального горизонта

достигала исходного уровня (1,7–1,8 г/см³). При этом прочность столбчатых отдельностей оставалась значительно меньше целинных. В гипсованном солонцовом горизонте формировались частицы зернисто-ореховатой структуры.

Итак, при антропогенном воздействии в профиле солонцов корковых формируется пахотный горизонт, состоящий из смеси горизонтов A_0 , A_1 и B_1 . В нем преобладает масса иллювиального горизонта B . Профиль антропогенно измененных солонцов приобретает следующий вид: $A_{\text{пах}} — B_2 — B_3 — BC — C$.

В залежном состоянии в бывших распаханых немелиорированных солонцах восстанавливается солонцовый столбчатый горизонт, причем из пахотного коркового солонца формируется снова именно корковый солонец. Скорость восстановления иллювиальных горизонтов солонцов корковых мало- и много натриевых примерно одинакова.

Действие одnorазового внесения гипса сохраняется длительное время. Эффект химической мелиорации проявляется и в залежном состоянии. На многонатриевых солонцах четвертичная доза гипса (11 т/га) обеспечивает создание мелиорируемого слоя до 7 см, ниже которого начинают формироваться фрагменты горизонта B . Полные дозы гипса, рассчитанные по методу Гедройца, создают пахотный горизонт A комковато-зернистой структуры. Эффект длительного действия гипса отражается на всем нижележащем профиле. Корковые солонцы переходят в тип луговых и черноземно-луговых почв различной степени солончаковатости и солонцеватости. Чем выше доза мелиоранта, тем больше мелиоративный эффект.

5. ИЗМЕНЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО И МИКРОАГРЕГАТНОГО СОСТАВА РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПОЧВ ПРИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

Гранулометрический состав почв и породы оказывает большое влияние на процесс почвообразования и свойства почв. От гранулометрического состава в значительной степени зависит интенсивность многих почвообразовательных процессов, связанных с превращением, перемещением и накоплением веществ (разрушение и синтез органических и минеральных соединений,

их аккумуляция, вымывание, передвижение по профилю и т. д.). Знание гранулометрического состава почвы и других ее свойств (содержания гумуса, состава поглощенных оснований, величины рН и т. д.) позволяет решать важные вопросы генезиса почв и их наиболее рационального использования. В зависимости от гранулометрического состава меняются способы обработки почв, сроки проведения полевых работ, системы удобрений и севообороты.

Содержание отдельных механических фракций в гранулометрическом составе различных генетических горизонтов почвенного профиля позволяет судить о переносе илистых почвенных частиц или их образовании *in situ* в процессе почвообразования. Так, например, процессы подзолообразования и солонцеобразования характеризуются обеднением верхних горизонтов почвы илистыми фракциями и обогащением ими нижних горизонтов. Для черноземных почв характерно более равномерное распределение илистых частиц по всей почвенной толще.

Благоприятное влияние на водно-физические свойства почв наряду с макроструктурой оказывает водопрочная пористая микроструктура — агрегаты от 0,25 до 0,001 мм. Сопоставление результатов гранулометрического и микроагрегатного анализов позволяет судить о степени дисперсности почв, водопрочности ее микроструктуры.

Сельскохозяйственное использование оказывает влияние на соотношение гранулометрических фракций в пахотном горизонте и в нижней части почвенного профиля, усиливает процесс разрушения илистых частиц и вынос их в нижележащие слои, а в ряде случаев обогащает илом пахотный горизонт.

5.1. Дерново-подзолистые почвы

Общеизвестно, что для почв подзолистого типа почвообразования характерна элювиально-иллювиальная дифференциация профиля по гранулометрическому составу (Левин, 1972; Никитин, 1988; Каличкин, 1998).

Определение гранулометрического состава дерново-подзолистых почв показало, что в контрольном варианте он супесчаный крупнопылевато-песчаный по всем генетическим горизонтам. Исключением является горизонт *B*, гранулометрический состав которого супесчано-иловато-песчаный, а горизонт *BC* более тяжелый — легкосуглинистый крупнопылевато-песчаный (табл. 6).

Таблица 6. Изменение granulometricкого состава дерново-подзолистой почвы при 59-летнем систематическим внесении удобрений, % от сухой почвы

Вариант	Горизонт, глубина взятия образцов, см	Песок		Пыль			Ил	Физическая глина
				Размер частиц, мм				
		крупный и средний (1–0,25)	мелкий (0,25–0,05)	крупная (0,05–0,01)	средняя (0,01–0,005)	мелкая (0,005–0,001)		
Исходные данные (Кузнецов, 1952)	$A_{\text{пах}}, 5-15$	1,5	42,0	36,5	2,5	10,6	7,5	< 0,01
	$A_{\text{п}}, 21-31$	3,5	45,7	31,4	9,9	2,7	6,9	19,5
	$A_2B, 40-50$	0,9	52,5	32,8	4,5	2,8	6,5	13,8
	$B_{\text{п}}, 70-0$	3,0	50,4	32,7	5,1	7,0	8,1	20,2
	$B_2, 110-120$	3,0	53,3	30,7	4,3	2,7	6,1	13,1
Контроль (без удобрений)	$BC, 150-160$	1,8	51,1	30,0	5,8	3,2	5,0	13,9
	$C, 190-200$	0,9	50,4	33,0	7,4	3,7	4,8	15,8
	$A_{\text{п}}, 0-20$	1,9	46,9	34,2	4,9	6,5	5,7	17,1
	$A_{\text{п}}, 20-50$	2,0	50,7	29,9	6,5	4,9	6,1	17,4
	$A_{\text{п}}, 50-59$	5,3	62,4	21,4	2,8	1,6	6,5	10,9
$N_{120} P_{90} K_{120}$	$A_2B, 59-80$	2,6	61,4	21,5	4,1	0,8	9,7	14,6
	$B, 80-114$	8,3	69,3	8,6	1,2	0,4	12,2	13,8
	$BC, 114-140$	0,8	50,8	25,9	2,9	1,6	18,1	22,6
	$C, 140-150$	2,2	53,9	26,6	3,0	0,4	13,9	17,3
	$A_{\text{пах}}, 0-20$	2,2	47,2	32,4	5,7	6,1	6,5	18,2
$N_{120} P_{90} K_{120}$	$A_{\text{п}}, 20-48$	2,3	47,4	32,1	5,7	6,5	6,1	18,3
	$A_{\text{п}}, 48-56$	4,3	57,8	26,2	3,6	1,6	6,5	11,7
	$A_2B, 56-82$	3,4	58,5	18,7	3,3	4,1	12,2	19,5
	$A_{\text{пах}}, 0-20$	1,6	46,1	33,6	6,1	6,9	5,7	18,6
	$A_{\text{п}}, 20-35$	1,6	48,7	33,2	4,9	7,7	4,0	16,6
$N_{90} P_{90} K_{90}$ + навоз 40 т/га	$A_{\text{п}}, 35-58$	1,7	51,5	31,5	4,8	4,0	6,5	15,3
	$A_2B, 58-79$	4,3	52,1	22,4	3,3	3,7	14,3	21,2

Примечание. НСР_{0,5} по фактору А (вариант) — 1,0; по фактору В (глубина) — 1,29; по фактору С (фракции) — 1,6 (только для вариантов контроля, $N_{120} P_{90} K_{120}$ + навоз 40 т/га).

Данные гранулометрического состава подтверждают, что при сельскохозяйственном использовании дерново-подзолистых почв сохраняются природные зональные процессы элювиирования из верхних частиц профиля ($A_{\text{пах}}$, A'_2 , A''_2) и иллювиирования в нижние горизонты (B и BC).

Сравнение данных 2006 г. с исходными (Кузнецов, 1952) свидетельствовало об усилении подзолообразовательного процесса при сельскохозяйственном использовании дерново-подзолистых почв в течение 59 лет. Первоначально горизонт A_2 находился на глубине 21–31 см, а в 2006 г. он опустился до глубины 59 см, причем удобрения не оказали заметного влияния на этот показатель по сравнению с временным фактором. Кроме того, содержание фракций физической глины и ила в гумусовом горизонте уменьшилось почти на 2 %, а в иллювиальных горизонтах произошло существенное увеличение этого показателя — до 10% и более.

При длительном применении минеральных удобрений гранулометрический состав изменился незначительно. В горизонте A_2B несколько возросло содержание илистой фракции (с 9,7 до 12 %). В варианте с органическими удобрениями содержание илистых фракций увеличилось до 14 % (Кенжегулова, Семендяева, 2007).

Таким образом, длительное применение минеральных удобрений способствовало усилению процессов иллювиирования в профиле дерново-подзолистых почв и увеличению илистой фракции в нижних горизонтах. Внесение в них органических удобрений, по мнению В.Д. Мухи (2004), способствует снятию коллоидных железистых пленок с песчаных частиц и приводит к увеличению содержания подвижных органоминеральных соединений, которые способны мигрировать и аккумулироваться в нижней части профиля почв, что наглядно проявилось в варианте совместного применения минеральных и органических удобрений, где зафиксирован больший вынос илистых частиц в нижние горизонты.

Микроструктуру и фактор дисперсности по Качинскому (Качинский, 1958) определяли по данным гранулометрического и микроагрегатного состава (табл. 7).

Эти показатели несколько отличались друг от друга. Фактор дисперсности (табл. 8) в пахотном горизонте составил 21–29 %. Сравнение полученных данных с исходными (Кузнецов, 1952) показало, что они стали значительно меньше, т.е. сельскохозяйственное использование дерново-подзолистых почв привело к

Таблица 7. Изменение микроагрегатного состава дерново-подзолистой почвы при 59-летнем систематическом внесении удобрений, % от сухой почвы

Вариант	Горизонт, глубина взятия образцов, см	Песок		Пыль			Ил
		крупный и средний	мелкий	крупная	средняя	мелкая	
		Размер частиц, мм					
		(1–0,25)	(0,25–0,05)	(0,05–0,01)	(0,01–0,005)	(0,005–0,001)	< 0,001
Контроль (без удобрений)	$A_{\text{пак}}, 0\text{--}20$	1,6	50,9	32,9	7,7	5,7	1,2
	$A'_{2'}, 20\text{--}50$	2,2	43,3	38,8	6,1	8,5	1,2
	$A''_{2'}, 50\text{--}59$	3,4	58,6	27,5	3,2	4,5	2,8
	$A_2B, 59\text{--}80$	2,7	58,4	27,1	4,5	3,6	3,6
$N_{120}P_{120}K_{120}$	$A_{\text{пак}}, 0\text{--}20$	1,5	51,1	33,2	7,3	6,5	0,4
	$A'_{2'}, 20\text{--}48$	2,0	45,6	37,7	6,5	6,5	1,6
	$A''_{2'}, 48\text{--}56$	3,5	55,7	30,3	4,0	4,0	2,4
	$A_2B, 56\text{--}82$	2,8	59,5	24,8	5,7	3,3	4,1
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + навоз 40 т/га	$A_{\text{пак}}, 0\text{--}20$	1,8	48,3	35,7	8,1	4,5	1,6
	$A'_{2'}, 20\text{--}35$	2,0	46,6	35,6	6,9	7,7	1,2
	$A''_{2'}, 35\text{--}58$	1,5	49,7	33,1	7,3	6,5	2,0
	$A_2B, 58\text{--}79$	4,0	52,0	32,6	4,1	4,9	2,4

Примечание. НСР_{0,5} по фактору А (вариант) — 2,0; по фактору В (глубина) — 2,3; по фактору С (фракции) — 3,2.

Таблица 8. Влияние длительного внесения удобрений на водно-физические свойства дерново-подзолистых почв, %

Вариант	Горизонт, см	Фактор дисперсности по Качинскому	Фактор структурности по Вадюниной	Водопрочность агрегатов по Андрианову
Контроль (без удобрений)	$A_{\text{пах}}$, 0–20	21	31	74
	$A'_{2,}$ 20–50	20	30	79
	$A''_{2,}$ 50–59	44	33	24
	A_2B , 59–80	37	41	20
$N_{120}P_{120}K_{120}$	$A_{\text{пах}}$, 0–20	6	33	90
	$A'_{2,}$ 20–48	27	33	90
	$A''_{2,}$ 48–56	37	27	81
	A_2B , 56–82	33	74	13
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + навоз 40 т/га	$A_{\text{пах}}$, 0–20	29	32	87
	$A'_{2,}$ 20–35	30	31	42
	$A''_{2,}$ 35–58	31	29	13
	A_2B , 58–79	17	70	3

увеличению их микроструктурности (6 %), особенно при внесении одних минеральных удобрений. При этом значительно улучшилась водопрочность агрегатов (макроструктура). В вариантах с внесением удобрений по сравнению с контролем в пахотном и подпахотных слоях водопрочность агрегатов увеличивается.

Таким образом, длительное сельскохозяйственное использование дерново-подзолистых супесчаных почв усилило развитие процессов элювирования, которое выразалось в уменьшении количества илистой фракции в гумусовом горизонте ($\approx$ на 6 %) и соответственно в увеличении этого показателя в нижних (иллювиальных) горизонтах ($\approx$ на 10 %). Применение удобрений усилило этот процесс, и в нижних горизонтах содержание илистой фракции при внесении минеральных удобрений возросло до 12 %, при совместном внесении минеральных и органических удобрений — до 14 %.

Систематическое длительное внесение минеральных и органических удобрений увеличило водопрочность структурных агрегатов гумусового горизонта. Фактор дисперсности при этом уменьшился, что свидетельствует о повышении плодородия и окультуренности гумусового слоя данных почв.

5.2. Черноземы

Черноземы, представляя собой довольно устойчивую природную систему, тем не менее в результате длительного использования в пашне претерпевают существенные изменения.

5.2.1. Черноземы выщелоченные

По гранулометрическому составу черноземы выщелоченные Алтайского Приобья сформированы на среднеспесчано-крупнопылеватом суглинке. По всему профилю они среднесуглинистые, но по распределению фракций гранулометрического состава меняются от мелкопесчано-крупнопылеватого до иловато-крупнопылеватого (табл. 9).

В контрольном варианте (без удобрений) отмечается некоторое перераспределение илистой фракции по профилю — в горизонте *AB* ее содержание уменьшается, а в горизонтах *B* и *BC* происходит увеличение за счет процесса вымывания частиц при орошении. Длительное систематическое применение минеральных удобрений и совместное внесение минеральных и органических удобрений вызвало усиленное перераспределение и вымывание илистой фракции из гумусового горизонта, причем в варианте с внесением органических и минеральных удобрений этот процесс выражен сильнее, что, в первую очередь, может быть связано с сильной перерытостью профиля землеройками и перемещением нижнего, более легкого по гранулометрическому составу, горизонта *C* в верхние слои почвы (Семендяева, Кенжегулова, 2007).

По распределению в почвенной толще физической глины (частиц $<0,01$ мм) судят об однородности всей толщи породы, охваченной почвообразованием. Из данных табл. 9 видно, что в контрольном варианте наблюдается незначительное постепенное снижение содержания физической глины вниз по профилю — с 38,7 % в горизонте *A* до 33,6 в горизонте *C*. Такая закономерность отмечается и в вариантах с применением удобрений, что позволяет сделать вывод об устойчивости дернового процесса почвообразования к антропогенным воздействиям.

Черноземы выщелоченные Новосибирского Приобья на орошаемом пастбище сформировались на супеси крупнопылеватопесчаной (см. табл. 9). Гранулометрический состав по профилю в контроле менялся довольно существенно: от легкосуглинистого в

Таблица 9. Изменение гранулометрического состава черноземов выщелоченных Приобья при систематическом внесении удобрений и орошении, % от сухой почвы

Вариант	Горизонт, см	Песок		Пыль				Ил	Физическая глина
		крупный и сред- ний (1–0,25)	мелкий (0,25–0,05)	Размер частиц, мм					
				крупная (0,05–0,01)	средняя (0,01–0,005)	мелкая (0,005–0,001)			
		Алтайское Приобье (Западно-Сибирская овощная станция)							
Контроль (без удо- брений)	A_{max} , 0–20	1,0	23,1	37,5	5,0	10,7	22,7	38,4	
	A , 20–39	0,7	25,4	34,3	7,4	9,5	22,7	39,6	
	AB , 39–56	0,6	20,1	42,9	6,2	9,5	20,7	36,4	
	B , 56–76	0,7	20,6	42,0	4,5	8,7	23,5	36,7	
	BC , 76–98	1,2	22,6	42,6	4,1	6,1	23,4	33,6	
	C , 98–160								
$N_{36}P_{81}K_{66}$	A_{max} , 0–20	0,8	25,2	32,9	7,8	10,3	23,0	41,1	
	A , 20–34	0,5	17,7	42,8	8,6	11,1	19,3	39,0	
	AB , 34–47	0,9	14,3	45,9	7,0	8,3	23,6	38,9	
$N_{56}P_{81}K_{66}^+$ навоз 6 т/ га	A_{max} , 0–20	0,8	19,6	41,2	6,2	10,7	21,5	38,4	
	A , 21–31	1,1	19,4	42,6	6,2	10,8	19,9	36,9	
	AB , 32–66	0,6	17,9	48,2	5,4	10,4	17,5	33,3	
		Новосибирское Приобье (опытное поле СибНИПТИЖ)							
Контроль (без удо- брений)	A_{max} , 3–20	0,7	35,6	35,6	5,3	9,0	23,8	38,1	
	AB , 26–42	0,4	29,7	36,8	7,4	3,3	22,4	33,1	
	B , 42–54	0,2	24,3	44,8	7,0	5,3	18,4	30,7	
	BC , 54–80	0,2	33,6	42,3	5,7	3,3	14,9	23,9	
	C_1 , 80–106	0,3	48,7	28,4	2,9	4,5	15,2	22,6	
	C_2 , 106–180	0,6	76,2	12,2	2,4	2,4	6,2	11,0	
$P_{60}K_{180}^+$	A_{max} , 30–26	0,4	29,7	39,7	5,7	8,6	15,9	30,2	
	AB , 26–44	0,6	23,0	42,6	5,4	7,9	20,5	33,8	
$P_{90}K_{120}^+$ N_{300}	A_{max} , 3–26	0,8	38,9	30,8	8,2	7,8	13,5	29,5	
	AB , 26–53	0,3	24,2	43,5	4,5	6,6	20,9	32,0	

горизонте $A_{\text{пах}}$, среднесуглинистого — в горизонтах AB и B , с глубиной он постепенно облегался, и легкий суглинок переходил в супесь. В удобренных вариантах данная закономерность сохранялась, причем на пастбище снижение илистой фракции выражено сильнее, что, вероятно, связано как с более легким гранулометрическим составом, так и с особенностью сельскохозяйственного использования — на пастбище происходит более интенсивное разрушение структуры и возможна дополнительная потеря илистой фракции в результате эрозионных процессов. Сумма частиц $<0,01$ мм (физическая глина) распределена в контроле неравномерно — в горизонте A за счет процессов вымывания и эрозии физической глины меньше. С глубиной в горизонте AB ее количество возросло, а затем произошло постепенное снижение, т. е. сохраняется закономерность, выявленная на черноземе выщелоченном Алтайского Приобья.

Согласно учению Н.А. Качинского (1958), для агрономической оценки почв необходимо знать не только величину механических элементов почвы (гранулометрический состав), но и наличие в ней микроагрегатов, образующихся из первичных механических элементов. При этом важно установить прочность этих микроагрегатов, т. е. способность их противостоять размывающему действию воды. Микроагрегатный состав позволяет дать оценку устойчивости почвенной структуры и, в первую очередь, ее водопрочности.

Н.А. Качинский (1958) считал, что микроагрегатный состав целесообразно определять в пахотном и подпахотном слоях (горизонтах A , $A_{\text{пах}}$ и AB), поэтому нами микроагрегатный состав определялся именно в этих горизонтах (табл. 10).

По данным гранулометрического и микроагрегатного составов Н.А. Качинским предложено рассчитывать фактор дисперсности — процентное отношение ила микроагрегатного к илу, полученному при гранулометрическом анализе. Фактор дисперсности характеризует степень разрушения микроагрегатов в воде. А.Ф. Вадюнина (1946, 1973) на основании аналитических данных только гранулометрического состава предложила формулу расчета «гранулометрического показателя структурности», или фактора структурности (P). По А.Ф. Вадюниной, фактор структурности для гумусовых почв рассчитывается по формуле

Таблица 10. Изменение микроагрегатного состава чернозема выщелоченного при длительном систематическом внесении удобрений, % от сухой почвы

Вариант	Горизонт, глубина взятия образцов, см	Песок		Пыль			Ил
		круп- ный и средний	мелкий	крупная	средняя	мелкая	
Размер фракций (мм)							
1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001		
Алтайское Приобье (Западно-Сибирская овощная станция)							
Контроль (без удо- брений)	$A_{\text{пах}}$, 0–20	0,8	28,3	53,2	8,2	5,8	3,7
	A , 24–39	0,9	34,4	49,1	6,6	7,0	2,0
	AB , 39–56	1,6	33,5	52,0	5,8	4,1	3,0
$N_{90}P_{90}K_{90}$	$A_{\text{пах}}$, 0–20	1,2	31,7	51,0	7,8	5,3	3,0
	A , 20–34	3,6	24,4	60,0	6,2	3,3	2,5
	AB , 34–47	0,9	14,3	69,1	7,0	6,2	2,5
$N_{90}P_{90}K_{90} +$ навоз 30 т/ га	$A_{\text{пах}}$, 0–20	1,9	23,9	59,8	7,4	4,5	2,5
	A , 21–31	2,5	20,5	61,2	7,9	5,0	2,9
	AB , 32–66	3,2	31,5	57,8	4,2	1,2	2,1
Новосибирское Приобье (опытное поле СибНИПТИЖ)							
Контроль (без удо- брений)	$A_{\text{пах}}$, 3–26	0,9	41,4	44,9	5,7	4,1	3,0
	AB , 26–42	1,4	28,0	55,8	7,4	4,6	2,8
$P_{60}K_{60} +$ N_{180}	$A_{\text{пах}}$, 3–26	2,9	36,2	47,4	6,1	4,5	2,9
	AB , 26–44	0,6	25,4	60,0	5,8	4,6	3,6
$P_{60}K_{60} +$ N_{300}	$A_{\text{пах}}$, 3–26	2,1	48,7	38,6	5,7	2,9	2,0
	AB , 26–53	2,2	39,6	43,1	6,6	4,1	4,1

$$P = \frac{(a + b)}{c} \times 100,$$

где a — количество ила, %;

b — количество мелкой пыли, %;

c — количество средней и крупной пыли.

Чем выше гранулометрический показатель структурности, тем больше потенциальная способность почв к оструктуриванию.

Таблица 11. Изменение факторов дисперсности, структурности и водопрочности агрегатов в черноземах выщелоченных Приобья при длительном систематическом внесении удобрений, %

Вариант	Горизонт, глубина взятия образцов, см	Фактор дисперсности по Качинскому	Фактор структурности по Вадюниной	Водопрочность агрегатов по Андрианову
Алтайское Приобье (Западно-Сибирская овощная станция)				
Контроль	$A_{\text{пах}}$, 0–20	16,4	80,4	80
	A , 24–39	19,1	77,2	31
	AB , 39–56	14,0	61,3	32
$N_{90}P_{90}K_{90}$	$A_{\text{пах}}$, 0–20	12,5	81,8	72
	A , 24–34	12,8	59,2	44
	AB , 34–47	10,5	60,1	45
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + навоз 30 т/га	$A_{\text{пах}}$, 0–20	11,5	67,9	92
	A , 21–31	14,6	62,7	88
	AB , 32–66	11,9	51,9	88
Новосибирское Приобье (опытное поле СибНИПТИЖ)				
Контроль	$A_{\text{пах}}$, 3–26	20,6	56,0	97
	AB , 26–42	13,0	57,9	92
$P_{60}K_{60} + N_{180}$	$A_{\text{пах}}$, 3–26	17,9	54,0	92
	AB , 26–44	18,0	59,5	93
$P_{90}K_{90} + N_{300}$	$A_{\text{пах}}$, 3–26	20,1	54,7	100
	AB , 23–53	12,0	57,2	83

Фактор дисперсности черноземов в овощном севообороте колебался в пахотном горизонте от 16,4 % в контроле (без удобрений) до 11,5 при длительном систематическом применении минеральных и органических удобрений (табл. 11).

Минеральные удобрения способствовали на черноземах выщелоченных среднесуглинистых снижению фактора дисперсности, а совместное внесение их с органическими удобрениями еще больше увеличивало микроагрегатность и уменьшало фактор дисперсности.

Фактор структурности по Вадюниной свидетельствовал о том, что в контроле и вариантах с минеральными удобрениями потенциальная способность почв к оструктуриванию проявля-

лась особенно заметно в варианте с минеральными удобрениями, тогда как с совместным применением минеральных и органических степень потенциальной структурности ниже, что свидетельствует о высокой степени агрегированности макроструктурности (водопрочность макроагрегатов по Андрианову) по всему гумусовому слою — от 98 % в горизонте $A_{\text{пах}}$ до 88 — в AB , а на фоне минеральных удобрений соответственно 72 и 45 %. В контроле водопрочность по Андрианову еще ниже — в горизонтах A и AB соответственно 31 и 32 %.

Черноземы выщелоченные на опытном поле СибНИПТИЖ (с. Боровое Новосибирской области), как отмечалось нами ранее, имели гранулометрический состав от легко- до среднесуглинистого в горизонтах A и AB . Поэтому фактор дисперсности и структурности несколько ниже, чем на черноземах выщелоченных среднесуглинистых в овощном севообороте (см. табл. 11). При этом сказывается и их сельскохозяйственное назначение — интенсивное использование под пастбище.

Итак, исследуемые черноземы имели высокий фактор дисперсности, причем чем выше доза минеральных удобрений, тем выше фактор дисперсности, а соответственно ниже микроагрегатность почв, что, по-нашему мнению, связано с изменением величины рН в сторону подкисления, о чем будет говориться далее. Фактор структурности (потенциальная структурность) — низкий, хотя водопрочность агрегатов по Андрианову высокая, что свидетельствует о возможном восстановлении структуры черноземов под травами.

Таким образом, длительное систематическое применение минеральных и органических удобрений на черноземах выщелоченных в орошаемых условиях влияет на их гранулометрический состав: в контроле (без удобрений) механические элементы гранулометрического состава сравнительно равномерно распределены по генетическим горизонтам. В нижних слоях заметно некоторое увеличение содержания ила по сравнению с верхними горизонтами за счет передвижения его по профилю под действием поливных вод. Минеральные удобрения увеличивают подвижность илистой фракции, тогда как их совместное внесение с органическими удобрениями снижает процессы вымывания. На черноземах легкосуглинистых эти процессы выражены сильнее, чем на почвах более тяжелых.

Внесение удобрений на черноземах среднесуглинистых в овощном севообороте способствует уменьшению фактора дисперсности по Качинскому и повышает соответственно водопрочность агрегатов, причем совместное внесение органических и минеральных удобрений существенно повышает их водопрочность. Систематическое внесение минеральных удобрений на черноземах выщелоченных легкосуглинистых под многолетние травы при интенсивном пастбищном использовании даже в больших дозах практически не изменяет фактор дисперсности, хотя водопрочность макроагрегатов высокая и приближается к 100 %.

5.2.2. Черноземы южные

Гранулометрический состав черноземов южных в пашне в пахотном и подпахотном слоях — легкосуглинистый крупнопылеватый и мелкопесчаный, вниз по профилю облегчается и переходит в супесь. На целине — супесчаный по всему профилю. Исключением является карбонатный горизонт B_2 , где происходит утяжеление гранулометрического состава до легкосуглинистого. В.П. Шаповаловым (1963), изучавшим агрохимические особенности черноземов южных Северной Кулунды, установлено, что почвы грив более легкие, чем почвы равнинных пространств. Это обусловлено, по мнению автора, особенностями генезиса гривноложинного рельефа и усугублено современными эрозийными процессами. Сравнение агрегатного состава черноземов южных на многолетней залежи и «старопашке» показало, что содержание водопрочных агрегатов крупнее 0,25 мм в верхнем (0–10 см) слое на залежи составило 48 %, а на «старопашке» — 21,5 %. При распашке залежи количество водопрочных агрегатов снизилось до 28,5 %, что свидетельствует о малой прочности структурных агрегатов, даже длительное время находящихся под залежью.

Нами установлено, что максимальное содержание физической глины на целине приходится на карбонатный слой (горизонт B_2), а в пашне — на гумусовый (табл. 12).

На целине содержание илистой фракции в горизонте A составило 2,1 %. В горизонтах B_1 и $B_{2к}$ ее количество возрастает до 6,1 %, а затем снова снижается. При антропогенном воздействии в пашне эти колебания выражены слабее.

Значительное содержание песчаной фракции в изучаемых черноземах южных значительно ухудшает их агрофизические

Таблица 12. Изменение гранулометрического состава чернозема южного при сельскохозяйственном использовании, % от сухой почвы

Горизонт, см	Песок		Пыль			Ил	Физиче- ская глина
	крупный и средний	мелкий	крупная	средняя	мелкая		
	Размер частиц, мм						
	1–0,25	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	< 0,001	$\Sigma < 0,001$
Целина							
$A_{\text{пах}}$, 3–27	15,0	49,7	17,8	7,0	8,3	2,2	17,5
AB , 27–42	13,3	52,6	15,2	4,9	9,5	4,5	18,9
B_1 , 42–73	22,8	50,1	8,0	3,7	8,6	6,1	18,4
B_{2K} , 73–107	8,8	56,5	10,6	7,3	10,6	6,2	24,1
BC_K , 107–120	15,3	63,2	5,3	3,2	8,5	4,5	16,2
C_K , 120–134	22,8	54,9	6,9	3,6	6,9	4,9	15,4
Вторая пшеница после пара							
$A_{\text{пах}}$, 0–20	12,0	53,1	12,3	6,2	11,5	4,9	22,6
AB , 20–39	12,4	51,0	13,5	6,6	10,7	5,8	23,1
B_1 , 39–60	9,5	65,3	9,8	4,5	7,3	3,6	15,4
B_{2K} , 60–104	15,9	64,3	4,9	3,2	8,1	3,6	14,9
BC_K , 104–124	17,7	65,8	3,2	2,8	7,7	2,8	13,3
C_K , 124–134	20,8	60,2	3,2	1,2	8,9	5,7	15,8

Примечание. НСР_{0,5} по фактору А (фон) — 1,5; по фактору В (глубина) — 2,6; по фактору С (частицы) — 2,6.

Таблица 13. Изменение микроагрегатного состава чернозема южного при сельскохозяйственном использовании, % от сухой почвы

Горизонт, см	Песок		Пыль			Ил	Физиче- ская глина
	крупный и средний	мелкий	крупная	средняя	мелкая		
Размер частиц, мм							
1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001	Σ < 0,001	
Целина							
$A_{\text{пах}}$, 3–27	16,1	57,0	20,3	3,7	0,0	2,9	6,6
AB , 27–42	14,5	60,5	16,4	4,1	0,0	4,5	8,7
Вторая пшеница после пара							
$A_{\text{пах}}$, 0–20	14,1	52,7	22,6	4,9	2,5	3,2	10,6
AB , 20–39	12,6	56,7	21,7	3,7	3,3	2,0	9,0

Примечание. НСР_{0,5} по фактору А (фон) — 1,1; по фактору В (глубина) — 1,1; по фактору С (частицы) — 1,8.

свойства — рыхлость, водопроницаемость и порозность. Кроме того, в них нецелесообразно рассчитывать факторы дисперсности и структурности (Качинский, 1958). Данные по изучению микроагрегатного состава (табл. 13) свидетельствуют об их низкой структурности и слабой водопрочности. Эти почвы предрасположены к воздействию ветровой эрозии.

5.3. Каштановые почвы

Исследования показали, что каштановая почва во всех вариантах имеет суглинистый гранулометрический состав (табл. 14). С глубиной он облегчается и в материнской породе становится связно-песчаным. В нем преобладают фракции мелкого (0,25–0,05 мм) и крупного (1–0,25 мм) песка, содержание которых достигает 80 % и более. Количество илистой фракции (<0,001 мм) и средней пыли (0,01–0,05 мм) невелико и колеблется в пределах 1,5–4,0 % по всему профилю. На долю крупной пыли (0,05–0,01 мм) приходится 4–12 %, средней (0,01–0,05 мм) — 4,5–1,2 %, что установлено также Н.В. Чернецовой (2002), которая изучала влияние способов использования каштановых почв на содержание водопрочных агрегатов.

В результате различного антропогенного воздействия гранулометрический состав каштановой почвы претерпел определенные изменения: в бессменном пару илистая фракция по профилю распределена неравномерно — в горизонте $A_{\text{пах}}$ ее содержание составляет 3,7 %, в горизонтах AB и B она практически отсутствует; а далее в горизонте $B_{2к}$ снова появляется (3,6 %). Максимум ее (4,4 %) приходится на горизонт $B_{ск}$. В материнской породе количество илистой фракции резко уменьшается – до 1,2 %. Подобное распределение илистой фракции возможно за счет накопления в пару влаги, которая из-за отсутствия растений может передвигаться вниз по профилю и переносить при этом илистые частицы.

Под бессменной пшеницей такого существенного передвижения влаги вниз по профилю нет, поэтому илистая фракция распределена более равномерно, хотя общее ее содержание меньше, чем в пару. Под бессменными многолетними травами наблюдается существенное выравнивание содержания илистых частиц по профилю, что свидетельствует о восстановлении почвенного плодородия. Подобная тенденция сохраняется и под второй пшени-

**Таблица 14. Гранулометрический состав каштановых почв
при 37-летнем сельскохозяйственном использовании, % от сухой почвы**

Горизонт, см	Песок		Пыль			Ил	Физическая глина
	крупный и средний	мелкий	крупная	средняя	мелкая		
Размер частиц, мм							
1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001	$\Sigma < 0,001$	
Бессменный пар							
$A_{\text{пах}}$, 0–20	19,4	60,5	7,8	1,6	7,0	3,7	12,3
AB , 20–30	20,1	59,6	11,0	2,8	6,5	0,0	9,3
B_1 , 30–54	26,9	55,0	10,9	2,8	4,4	0,0	7,2
B_{2K} , 54–86	33,0	48,8	7,3	1,2	6,1	3,6	10,9
BC_K , 86–118	33,9	45,5	6,9	1,6	7,7	4,4	13,7
C_K , 118–150	39,2	51,2	4,8	1,2	2,4	1,2	4,8
Бессменные многолетние травы							
$A_{\text{пах}}$, 1,5–20	22,6	56,7	10,1	4,5	4,9	1,2	10,6
AB , 20–38	19,2	60,5	9,3	4,5	2,8	3,7	11,0
B_1 , 38–77	29,3	53,6	5,7	3,7	2,8	4,9	11,4
B_{2K} , 77–113	29,5	46,6	8,9	3,2	7,3	4,5	15,0
BC_K , 113–140	23,5	50,8	11,0	2,4	5,3	7,0	14,7
C_K , 140–150	35,4	53,0	3,6	1,2	2,8	4,0	8,0
Бессменная пшеница							
$A_{\text{пах}}$, 0–20	22,6	54,6	11,4	2,8	6,9	1,7	11,4
AB , 20–32	26,7	56,3	9,3	2,8	4,9	0,0	7,7
B_1 , 32–77	34,2	49,6	6,9	2,0	4,9	2,4	9,3
B_{2K} , 77–110	45,5	45,2	2,8	1,2	3,6	1,7	6,5
BC_K , 110–140	56,1	37,0	2,0	1,6	2,4	0,9	4,9
C_K , 140–162	62,5	27,0	5,2	2,0	2,4	0,9	5,3
D , 162–170	71,2	20,9	4,4	2,0	1,5	0,0	3,5
Вторая пшеница после пара							
$A_{\text{пах}}$, 0–20	26,5	49,1	11,8	1,6	6,9	4,1	12,6
AB , 20–39	20,2	56,6	10,6	2,4	6,5	3,7	12,6
B_1 , 39–60	21,1	52,9	11,4	2,4	6,5	5,7	14,6
B_{2K} , 60–104	35,2	43,8	9,7	1,6	6,9	2,8	11,3
BC_K , 104–124	60,2	31,8	4,0	1,2	1,2	1,6	4,0
C_K , 124–134	38,8	42,5	6,5	3,7	4,0	4,5	12,2

Примечание. НСР_{0,5} по фактору А (фон) — 2,1; по фактору В (глубина) — 2,6; по фактору С (частицы) — 2,6.

Таблица 15. Изменение микроагрегатного состава каштановых почв при 37-летнем использовании, % от сухой пыли

Горизонт, см	Песок		Пыль			Ил	Физическая глина
	крупный и средний	мелкий	крупная	средняя	мелкая		
	Размер частиц, мм						
	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	< 0,001	$\Sigma < 0,001$
Бессменный пар							
$A_{\text{пах}}, 0\text{--}20$	214	55,2	11,5	4,1	2,9	4,9	11,9
$AB, 20\text{--}30$	20,2	59,1	14,2	1,6	2,4	2,5	6,5
Бессменные многолетние травы							
$A_{\text{пах}}, 1,5\text{--}20$	22,1	58,4	13,0	2,4	2,0	2,1	6,5
$AB, 20\text{--}38$	22,9	59,6	12,6	1,2	2,0	1,7	4,9
Бессменная пшеница							
$A_{\text{пах}}, 0\text{--}20$	22,9	54,3	12,6	4,1	4,9	1,2	10,2
$AB, 20\text{--}32$	23,7	58,1	12,2	1,2	2,8	2,0	6,0
Вторая пшеница после пара							
$A_{\text{пах}}, 0\text{--}20$	17,6	57,2	14,7	3,7	3,7	3,1	10,5
$AB, 20\text{--}39$	20,6	56,2	15,8	3,2	3,2	1,0	7,4

Примечание. НСР_{0,5} по фактору А (фон) — 1,1; по фактору В (глубина) — 0,8; по фактору С (частицы) — 1,3.

цей после пара, однако накопление илистой фракции происходит медленней, чем под многолетними травами.

Анализ содержания физической глины в какой-то степени повторяет колебания илистой фракции по профилю. Более равномерное распределение физической глины выявлено под многолетними травами и в севообороте. Наиболее резкие колебания характерны для почв под бессменной пшеницей и в бессменном пару, где гранулометрический состав вниз по профилю облегчается, а под многолетними травами и в севообороте — утяжеляется, что способствует повышению плодородия почв по гранулометрическому составу.

Математическая обработка данных показала, что между илистой фракцией и физической глиной существует тесная корреляционная зависимость во всех вариантах опыта ($R = 0,86 - 0,89$),

за исключением бессменной пшеницы, где $R = 0,48$, при пороге достоверности на уровне 5 %.

По данным микроагрегатного состава каштановых почв, содержание илистой фракции в пахотном горизонте на бессменном пару и в севообороте больше по сравнению с другими вариантами сельскохозяйственного использования (табл. 15).

Фактор дисперсности на каштановых почвах не рассчитывался, так как у анных почв гранулометрический состав супесчаный.

5.4. Солонцы

Для солонцов характерна аккумуляция, высокая дисперсность и пептизируемость водой илистой фракции иллювиальных горизонтов, которые определяют их низкое плодородие. Большинство исследователей (Гедройц, 1932; Горшенин, 1955; Крупкин, 1959, и др.) накопление илистой фракции в солонцовом горизонте связывали с ее выносом из горизонта *A*. При этом между выносом и накоплением теоретически отмечалась определенная количественная зависимость. Однако на практике этой зависимости не было установлено.

Расчеты, выполненные И.Я. Половицким и др. (1969), В.А. Девярых (1970), свидетельствуют о том, что формирование иллювиальных горизонтов солонцов происходит не столько за счет перемещения илистых частиц сверху вниз, сколько за счет диспергирования почвенных минералов *in situ*, так как дефицит илистых фракций в горизонте *A* корковых и мелких солонцов намного меньше избытка этой фракции в горизонте B_1 по сравнению с почвообразующей породой. Такое положение могло возникнуть только в том случае, если большая часть илистых частиц образовалась в самих генетических горизонтах, а не передвигалась из горизонта *A* в горизонт B_1 (Семендяева, 2002).

Необходимо было выяснить, как изменяется гранулометрический состав солонцов при длительном действии одноразового внесения гипса (Семендяева, 2009; Semendyaeva, 2009). Для этого в исследуемых образцах выполнен анализ гранулометрического и микроагрегатного составов и на его основании рассчитан фактор дисперсности (табл. 16).

В контроле в слое 0–20 см гранулометрический состав солонцов малонатриевых тяжелосуглинистый. С глубиной он заметно утяжеляется и в слоях 20–40 и 40–60 становится соответственно

Таблица 16. Изменение гранулометрического состава солонцов при длительном действии однократового внесения гипса, % от сухой почвы

Гори- зонт, см	Песок		Пыль			Ил	Физиче- ская глина
	крупный и средний	мелкий	крупная	средняя	мелкая		
	Размер частиц, мм						
	1–0,25	0,25–0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	< 0,001	Σ < 0,001
Солонец малонатриевый							
Контроль							
0–20	6,0	19,4	39,4	12,6	14,3	8,3	35,2
20–40	2,3	10,6	34,1	15,1	22,7	15,2	53,0
40–60	0,6	7,8	36,1	14,9	23,6	17,0	55,5
60–80	1,6	22,0	26,8	8,3	22,3	19,0	49,6
80–100	1,5	21,3	30,4	4,9	17,3	24,6	46,8
Гипс 12 т/га							
0–20	2,6	25,3	38,0	13,1	15,6	5,4	34,1
20–40	3,4	15,2	34,9	19,3	13,2	13,7	46,5
Гипс 18 т/га							
0–20	6,4	23,1	40,1	11,8	9,7	8,9	30,4
20–40	5,2	21,1	32,6	9,8	19,1	12,2	41,1
40–60	5,2	25,2	32,5	11,2	18,3	7,6	37,1
60–80	3,4	35,3	30,9	7,0	13,6	9,8	30,4
80–100	0,8	27,1	33,2	8,3	18,6	12,0	38,9
Гипс 35 т/га							
0–20	3,6	28,9	40,5	11,0	12,6	3,4	27,0
20–40	14,3	25,1	29,2	11,5	12,4	7,5	31,4
Гипс 50 т/га							
0–20	2,4	26,6	43,1	13,1	10,1	4,7	27,9
20–40	1,0	10,9	34,0	14,9	20,8	18,4	54,0
Солонец многонатриевый							
Контроль							
0–20	6,4	10,1	43,2	12,2	15,5	12,6	40,3
20–40	1,1	3,7	29,6	11,0	15,4	39,2	65,5
40–60	0,5	7,1	25,7	12,0	22,8	31,9	66,7
60–80	0,5	12,2	29,0	10,8	21,9	25,6	58,3
80–100	1,0	17,7	32,2	9,1	23,9	16,1	49,1
Гипс 11 т/га							
0–20	2,7	11,6	393,7	15,5	17,1	13,4	46,0
20–40	0,9	17,7	19,3	13,0	18,9	30,2	62,1
Гипс 45 т/га							
0–20	5,4	20,4	45,3	10,9	13,8	4,2	28,9
20–40	1,8	13,9	34,7	11,3	21,7	16,6	49,7
40–60	0,4	2,8	29,8	13,2	33,5	20,3	67,0
60–80	0,6	10,7	27,7	11,2	26,0	23,9	61,1
80–100	1,0	16,9	30,9	7,8	23,1	20,3	51,1
Гипс 56 т/га							
0–20	9,4	28,0	33,8	11,4	10,1	7,3	28,8
20–40	2,6	13,5	34,8	16,0	16,8	16,3	49,1

средне- и легкоглинистым. Во всех слоях метрового слоя преобладает крупнопылеватая фракция (0,05–0,01 мм).

Подобное распределение механических элементов гранулометрического состава изучаемых солонцов установлено ранее Р.Ф. Галеевым (1994) при закладке и проведении данных опытов. Им, в частности, установлена сравнительно высокая однородность отложений генетических горизонтов по гранулометрическому составу. Однако после длительного действия химических мелиорантов, как показали наши исследования, гранулометрический состав мелиорированных солонцов за счет процессов коагуляции и иллювиирования подвергся заметным изменениям. В малонатриевых солонцах в слое 0–20 см он по-прежнему остался тяжелосуглинистым. Ниже в слое 20–40 см он утяжелился до легкоглинистого, а далее до 100 см остался тяжелосуглинистым. В изучаемых слоях преобладает крупнопылеватая фракция и лишь в слое 60–80 см — мелкопесчаная.

Данная закономерность сохраняется и в солонцах многонариевых с той лишь разницей, что гранулометрический состав в них более тяжелый: в контроле в слое 0–20 см — легкоглинистый, в слоях 20–40 и 40–60 см — тяжелоглинистый, который с глубиной переходит в средне- и легкоглинистый. В этих слоях преобладает илистая фракция, в остальных — крупнопылеватая. Длительное воздействие гипса способствует облегчению гранулометрического состава до среднесуглинистого в слое 0–20 см с постепенным утяжелением его с глубиной до среднеглинистого. Во всех слоях преобладает крупнопылеватая фракция.

Для более детального анализа результатов по гранулометрическому составу солонцов нами дополнительно проанализировано распределение илистой фракции, как наиболее активной, и содержание физической глины (сумма частиц <0,01 мм) по профилю. Исследовались варианты: контроль и полная доза гипса по Гедройцу (1932).

Как свидетельствуют данные табл. 17, в профиле мелиорированных солонцов происходят значительные изменения в гранулометрическом составе как малонатриевых, так и многонариевых. Они затрагивают в основном содержание илистой фракции и физической глины, количество которых заметно уменьшается под действием мелиорантов.

Таблица 17. Изменение содержания глистой фракции и физической глины в гранулометрическом составе солонцов при длительной химической мелиорации по сравнению с контролем, % от сухой почвы

Глубина взятия образца, см	Ил (< 0,001 мм)			Физическая глина (сумма частиц < 0,01 мм)			Ил (< 0,001 мм)			Физическая глина (сумма частиц < 0,01 мм)		
	гипс 18 т/га	контроль	разница	гипс 18 т/га	контроль	разница	гипс 45 т/га	кон- троль	разница	гипс 45 т/га	кон- троль	разница
0–20	8,9	8,4	+0,5	30,4	34,0	–3,6	4,2	12,6	–8,4	27,7	40,3	–12,6
20–40	12,3	15,1	–2,8	41,1	53,0	–11,9	16,7	38,9	–22,2	19,7	65,5	–15,8
40–60	7,5	17,0	–9,5	37,1	55,5	–18,4	20,3	31,9	–11,6	67,0	66,7	0,3
60–80	9,9	19,0	–9,1	30,5	49,5	–19,0	23,9	25,6	–1,7	61,1	58,3	2,8
80–100	12,0	24,6	–12,6	39,0	46,8	–7,8	20,2	16,1	4,1	51,1	49,1	2,0

На многонатриевых солонцах наиболее существенное уменьшение содержания илистой фракции произошло в слое 0–60 см. В слое 60–80 см оно невелико (1,7 %), а в слое 80–100 см содержание ила в гипсованном варианте больше, чем на той же глубине в контроле. Изменения в содержании физической глины в сторону снижения произошли в слое 0–40 см на 13–16 %, а в нижних слоях ее содержание в мелиорированном солонце несколько возросло по сравнению с контролем за счет перераспределения частиц по профилю под действием мелиорации.

На малонатриевых солонцах снижение содержания илистой фракции в мелиорированных вариантах выражено слабее (3–12 %), но оно охватывает всю 100-сантиметровую толщу, причем с глубиной это уменьшение возрастает, что свидетельствует о большей глубине охвата мелиорируемой толщи. Уменьшение содержания физической глины тоже происходит по всей метровой толще, причем наибольшее — в слое 20–80 см.

Таким образом, под действием гипса в профиле солонцов происходит изменение в перераспределении содержания механических элементов гранулометрического состава — снижается содержание илистой фракции и количество физической глины. В малонатриевых солонцах эти изменения характерны для всего 100-сантиметрового слоя, а в многонатриевых — только для слоя 0–60 см, что свидетельствует о разной интенсивности протекания мелиоративных процессов. На малонатриевых солонцах они более глубокие, тогда как на многонатриевых, даже при длительном действии гипса, мелиоративные процессы интенсивно протекают только в слое 0–60 см, что связано как с более тяжелым гранулометрическим составом, так и с большим содержанием обменного натрия в почвенном поглощающем комплексе.

Результаты микроагрегатного анализа приведены в табл. 18, из данных которой видно, что в контроле в слое 0–20 см содержание илистой фракции в солонцах малонатриевых составляет 8,4 %, а в многонатриевых — 12,4. В мелиорированных вариантах в данном слое количество илистой фракции заметно снижается в связи с большей агрегатностью илистых частиц. С глубиной (слой 20–40 см) содержание илистой фракции в основном увеличивается, но ее значительно меньше, чем в контроле, что свидетельствует о мелиоративном действии гипса.

Рассчитанный по Н.А. Качинскому фактор дисперсности (процентное отношение содержания ила микроагрегатного состава

Таблица 18. Изменения микроагрегатного состава солонцов при длительном действии гипса, % от сухой почвы

Горизонт, см	Песок		Гыль				Ил	Физическая глина	Фактор дисперсности
	крупный и средний	мелкий	крупная	средняя	мелкая				
Солонец малонаприевый									
	1—0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	Размер частиц, мм		0,01—0,005	0,005—0,001	Σ < 0,001	
0—20 20—40	13,4 6,9	23,2 11,5	34,0 34,1	Контроль		8,4 19,4	8,4 14,3	29,4 47,5	100,0 94,4
				Гипс 12 т/га					
0—20 20—40	14,0 18,9	24,8 21,9	37,6 26,4	Гипс 12 т/га		8,4 14,5	4,6 9,4	23,6 32,8	84,5 68,7
				Гипс 18 т/га					
0—20 20—40	17,4 19,8	20,5 14,9	35,1 25,8	Гипс 18 т/га		10,1 24,6	5,5 3,0	27,0 39,5	61,9 24,2
				Гипс 35 т/га					
0—20 20—40	21,4 23,1	24,2 20,5	32,4 31,6	Гипс 35 т/га		10,1 9,0	2,2 5,1	22,0 24,8	62,6 44,4
				Гипс 50 т/га					
0—20 20—40	13,0 4,9	28,7 14,3	36,2 40,3	Гипс 50 т/га		9,3 17,9	3,1 6,0	22,1 40,6	66,0 33,4
				Солонец многонаприевый					
0—20 20—40	0,8 1,3	24,9 1,4	37,6 26,6	Контроль		14,7 19,9	9,4 35,6	36,7 70,7	100,0 91,3
				Гипс 11 т/га					
0—20 20—40	14,8 0,1	18,3 4,2	33,9 34,0	Гипс 11 т/га		9,2 29,4	11,3 16,4	33,0 61,7	84,4 54,2
				Гипс 45 т/га					
0—20 20—40	16,9 8,1	26,9 17,2	31,4 32,6	Гипс 45 т/га		11,3 24,2	3,0 5,4	24,8 42,1	70,2 32,5
				Гипс 56 т/га					
0—20 20—40	19,0 10,3	19,3 17,1	35,5 29,4	Гипс 56 т/га		12,7 30,2	5,0 2,1	26,2 43,2	70,5 12,8

ва к илу, полученному при гранулометрическом анализе) характеризует водоустойчивость агрегатов. Из данных табл. 18 видно, что в контрольных вариантах солонцов мало- и многонатриевых в слое 0–20 см фактор дисперсности равен 100 %, а в слое 20–40 см соответственно 94,5 и 91,3 %, что свидетельствует о высокой степени пептизации почвенных коллоидов.

Длительное действие гипса увеличивает микроагрегатность почв, способствует созданию агрономически ценной структуры, содержание илистой фракции снижается, а следовательно, уменьшается фактор дисперсности, причем, чем выше доза гипса, тем фактор дисперсности ниже. Это четко проявляется на солонце многонатриевом, где илистой фракции в гранулометрическом составе значительно больше, чем в малонатриевом солонце. Фактор дисперсности здесь в слое 20–40 см при дозах 45 и 56 т/га соответственно составляет 32,5 и 12,8 %, тогда как на малонатриевых 24,2–68,7 %.

Кроме того, следует обратить внимание на следующую закономерность: фактор дисперсности во всех вариантах опыта выше в слое 0–20 см, что свидетельствует о его меньшей агрегированности по сравнению со слоем 20–40 см. Вероятнее всего, это связано с перераспределением мелиорантов как во время обработок, так и в 12-летний залежный период.

Таким образом, под действием одноразового внесения гипса в профиле солонцов происходят изменения в перераспределении механических элементов гранулометрического состава — в солонцах снижается содержание илистой фракции и физической глины. В малонатриевых солонцах эти изменения охватывают всю 100-сантиметровую толщу, а в многонатриевых слой 0–60 см. В мелиорированных солонцах снижается фактор дисперсности, что свидетельствует об их агрегатности, т. е. коагуляции илистой фракции.

6. ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПОЧВ

С химической точки зрения почвообразовательный процесс представляет собой постоянную миграцию химических элементов, а отдельные его стадии, характеризующие тип и подтип почв,

имеют свои особенности перераспределения, выноса и накопления продуктов почвообразования. Эти преобразования определяются характером кислотно-щелочного режима почв. Щелочно-кислотная зональность почв является результатом отдельных почвообразовательных процессов, представляющих этап развития почв. По мнению И.М. Гаджиева (1982), они, вступая во взаимодействие с изменяющимися внешними природными и антропогенными условиями, постепенно достигают равновесного состояния, а затем эволюционируют в следующую стадию.

При сельскохозяйственном использовании различных типов почв существенные изменения претерпевает их почвенный поглощающий комплекс (ППК), состав которого определяет многие свойства почв. Значение ППК в почвообразовании и питании растений было всесторонне изучено К.К. Гедройцем (1933) и многочисленными его последователями. Установлено, что состав обменных катионов в ППК оказывает влияние на структуру почвы, физические и физико-механические свойства, водно-воздушный режим, поглотительную способность, ёмкость катионного обмена, реакцию почвенного раствора и буферность. Он влияет на закрепление питательных веществ и на питательный режим почв, определяет уровень их плодородия и урожайность культур (Муха, 2004).

В составе поглощенных катионов в гумусовых горизонтах черноземов преобладает обменный кальций, в нижележащих горизонтах повышается содержание обменного магния. Выявлена прямая корреляционная зависимость между содержанием гумуса и содержанием обменного кальция, т.е. чем больше гумуса в почвах, тем соответственно больше в них обменного кальция (Хмелев, Танасиенко, 1983). В ППК черноземов южных и особенно черноземов солонцеватых появляется обменный натрий, а в составе ППК черноземов выщелоченных и оподзоленных в небольших количествах обнаруживается водород. Присутствие обменного натрия в ППК черноземов в отличие от обменного водорода отрицательно влияет на их агрофизические свойства.

При длительном сельскохозяйственном использовании высокоемкий и буферный поглощающий комплекс черноземов, как показали исследования в европейской части России, заметно изменяется. В лесостепных подтипах черноземов происходит постепенное подкисление почвенной среды и снижение степени насыщенности основаниями, а в степных подтипах отмечается

подщелачивание среды и внедрение обменного натрия в ППК (Медведев и др., 1983; Козловский, 1991; Добровольский и др., 1992). Поглощенные основания, в том числе обменные Ca^{2+} и Mg^{2+} , а также гидролитическая кислотность и емкость катионного обмена — величины весьма динамичные и быстро меняются под воздействием антропогенного фактора. Они реагируют даже на незначительные изменения, происходящие в почве.

В ППК солонцов Западной Сибири содержание обменного натрия может колебаться в весьма значительных пределах — от 3 до 20 мг-экв/ 100 г и более. Солонцы мало- и многонариевые формируются в непосредственной близости друг от друга. Уровень залегания и степень минерализации грунтовых вод под ними весьма различны и, как отмечалось нами ранее, могут меняться как в течение вегетационного периода, так и по годам.

При внесении расчетных доз химических мелиорантов, в частности гипса, в ППК солонцов увеличивается содержание обменного кальция, свойства их улучшаются, а эффект химической мелиорации весьма долговечен (Семендяева, 2009; Березин, 2005).

При длительном применении одних минеральных удобрений физико-химические свойства почв заметно ухудшаются, что связано, с одной стороны, с поглощением почвой катионов, входящих в состав удобрений, и с подкислением почвенного раствора в результате вытеснения из ППК поглощенных водорода и алюминия, а с другой — с физиологической кислотностью удобрений. Однако более тщательный анализ материалов длительных стационарных опытов показал, что систематическое применение удобрений не всегда сопровождается ухудшением свойств почв. Характер действия удобрений на физико-химические свойства почв зависит от почвенно-климатических условий, форм и доз внесения удобрений, длительности их применения (Минеев, Шевцова, 1978; Байбеков 2003). Систематическое внесение удобрений снижает содержание в почвенном растворе обменных водорода и алюминия и увеличивает сумму поглощенных оснований (Кудзин, Сухобрус, 1966).

6.1. Дерново-подзолистые почвы

Любое из агрохимических и мелиоративных мероприятий изменяет состав обменных катионов, так как они являются подвиж-

ной частью твердой фазы почвы. Содержание и состав обменных оснований при сельскохозяйственном использовании в значительной степени зависят от их окультуренности. Сущность подзолообразовательного процесса заключается в интенсивном разрушении (гидролизе) минеральной части породы или же почвенной массы, главным образом под влиянием органических кислот (типа фульвокислот), и не менее интенсивном выносе образовавшихся подвижных продуктов из верхних горизонтов в нижние или даже за пределы почвенного профиля. Подвижные продукты почвообразования, выветривания и компоненты биологического круговорота: золи гумуса и кремнекислоты, гидрооксиды железа и алюминия — частично закрепляются в почве, накапливаясь на различных глубинах, образуют новые коллоидно-дисперсные минералы и формируют своеобразный почвенный профиль.

Сельскохозяйственное использование подзолистых почв и длительное применение удобрений сказываются на величине емкости катионного обмена, и составе поглощенных оснований в контроле (без внесения удобрений) сумма Ca^{2+} и Mg^{2+} в пахотном горизонте равнялась 5,6 мг-экв/100 г почвы (табл. 19). В элювиальном горизонте она уменьшилась до 3,0–3,4 мг-экв/100 г почвы, а в горизонте A_2B и глубже происходит ее постепенное увеличение до 6,3–6,7 мг-экв/100 г почвы. Значения емкости катионного обмена (ЕКО) и степени насыщенности основаниями изменялись по профилю аналогично сумме Ca^{2+} и Mg^{2+} — ЕКО в пахотном горизонте с 8,2 уменьшилось до 6,8 мг-экв/100 г почвы в горизонте A_2 , а степень насыщенности основаниями с 69 в горизонте $A_{\text{пах}}$ до 43,4 % в горизонте A_2 . С глубиной ЕКО увеличилась с 10,6 до 11,5 мг-экв/100 г почвы в горизонте C , а степень насыщенности основаниями соответственно с 63,1 до 69,4 %.

Совместное внесение минеральных и органических удобрений привело к увеличению содержания поглощенных оснований по всему профилю. К такому же выводу пришли И.Ф. Гаркуша (1959), Г.И. Григорьев (1960), И.С. Лупинович и др. (1964), А.А. Нестеров (2000). Исключением является горизонт $A_{\text{пах}}$, где сумма оснований составляет 5,0 мг-экв/100 г почвы, а степень насыщенности основаниями — 57 %.

Систематическое применение одних минеральных удобрений способствовало снижению содержания суммы Ca^{2+} и Mg^{2+} и степени насыщенности почв основаниями по всему профилю за счет увеличения кислотности почв и содержания обменного алю-

Таблица 19. Изменение емкости катионного обмена и состава поглощенных оснований в дерново-подзолистых почвах при 59-летнем систематическом применении удобрений

Вариант	Горизонт, глубина взятия образца, см	ЕКО	Сумма поглощенных оснований	Поглощенные				Степень насыщенности оснований (W), %
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
				мг-экв/100 г почвы		% от ЕКО		
Исходные данные (Кузнецов, 1952)	A _{пах} , 5–15	12,5	6,0	5,2	0,8	42	7	48
	A ₂ , 21–31	6,8	3,4	2,8	0,6	41	8	50
	A ₂ B, 40–50	10,5	6,3	5,2	1,1	49	11	60
Контроль (без удобрений)	A _{пах} , 0–20	8,2	5,6	4,6	1,1	56	13	69
	A ₂ ', 20–50	8,3	3,4	2,6	0,9	31	11	42
	A ₂ », 50–59	6,8	3,0	1,8	1,2	26	17	43
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	A ₂ B, 59–80	10,6	6,7	4,2	2,4	40	23	63
	A _{пах} , 0–20	9,5	3,8	2,5	1,3	26	13	39
	A ₂ ', 20–48	9,0	3,7	2,6	1,1	29	12	41
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + навоз 40 т/га	A ₂ », 48–56	6,1	2,5	1,5	1,0	25	17	42
	A ₂ B, 56–82	10,1	6,3	4,1	2,2	41	22	63
	A _{пах} , 0–20	8,8	5,0	3,6	1,4	41	16	57
НСП _{0,5}	A ₂ ', 20–35	8,1	5,3	4,2	1,1	51	14	65
	A ₂ », 35–58	6,6	3,1	2,2	0,9	33	14	47
	A ₂ B, 58–79	11,7	6,5	4,1	2,4	35	20	56

миния (Авдонин, 1965, 1969; Левин, 1965, 1972; Кулешов, 1980; Иванов, 2000). Так, степень насыщенности основаниями в пахотном горизонте варианта с минеральными удобрениями по сравнению с контролем уменьшилась с 48 до 39 % (см. табл. 19), а с глубиной она возрастала. Увеличение данного показателя произошло в горизонте A₂B, где в условиях промывного типа водного режима из верхних горизонтов выносятся продукты разложения растительных остатков и, в первую очередь, энергично удаляются кальций и магний.

Данные по физико-химическим свойствам дерново-подзолистой почвы (контроль) при сравнении с исходными данными К.А. Кузнецова (1952) свидетельствуют о том, что сельскохозяйственное использование способствовало снижению суммы поглощенных Ca^{2+} и Mg^{2+} в пахотном слое и незначительному её увеличению в нижних горизонтах (см. табл. 19). Степень насыщенности основаниями, по данным К.А. Кузнецова, в пахотном горизонте низкая (48 %) за счет сравнительно высокой гидролитической кислотности (6,5 мг-экв/100 г почвы). Согласно нашим данным, степень насыщенности основаниями в контроле в этом горизонте составила 69 %.

Таким образом, длительное (59-летнее) сельскохозяйственное использование подзолистых почв (контроль) и ежегодное систематическое применение удобрений не привело к заметному изменению ЕКО и увеличению суммы поглощенных оснований. Их содержание даже несколько уменьшилось по сравнению с исходным. Почвы по-прежнему нуждаются в известковании, что указывает на наличие в почвенном профиле подзолообразовательного процесса. Полученные нами данные совпадают с выводами Н.С.Авдониной (1965), который утверждал, что влияние систематического применения только минеральных удобрений на физико-химические свойства почв негативное, органоминеральных — нейтральное, а органических удобрений — позитивное.

Установлено, что в пахотном горизонте контроля (табл. 20) актуальная кислотность близка к нейтральной ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ — 6,65), гидролитическая кислотность (Hr) и pH_{KCl} — невысокие. С глубиной величина pH уменьшалась, а Hr — увеличивалась.

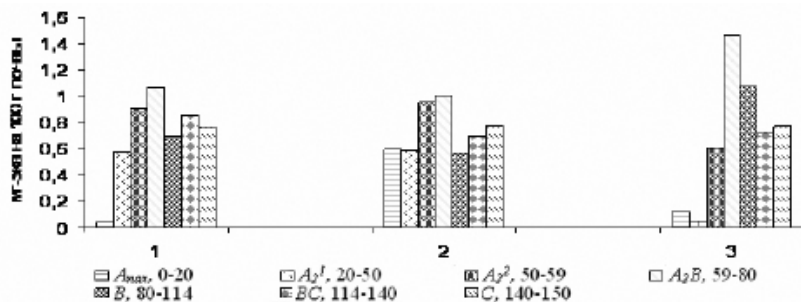
Кислотность почв в значительной степени определяется содержанием подвижного алюминия, количество которого равно 0,05 мг-экв/ 100 г почвы. С глубиной (в горизонтах $A'_2 - A_2B$) оно увеличилось с 0,58 до 1,07 мг-экв/100 г почвы (рис. 14). Между содержанием подвижного алюминия и гидролитической кислотностью (Hr) существует прямая корреляционная связь ($R = 0,42$), в то время как с величиной обменной кислотности она обратная ($R = -0,45$), т. е. чем больше величина pH_{KCl} , тем меньше в почве содержится алюминия.

Длительное систематическое внесение минеральных удобрений способствовало заметному подкислению почвы, особенно в пахотном горизонте, за счет внесения физиологических кислотных удобрений, на что указывали другие исследователи (Левин,

**Таблица 20. Кислотность дерново-подзолистой почвы
при длительном применении удобрений**

Вариант	Горизонт, глубина взятия образца, см	H _p , мг- экв/100 г почвы	Обменная кислотность (pH _{KCl})	Актуальная кислотность (pH _{H₂O})
Контроль (без удобрений)	A _{пах} , 0–20	2,54	4,9	6,6
	A' ₂ , 20–50	4,82	4,2	5,3
	A» ₂ , 50–59	3,85	4,0	5,2
	A ₂ B, 59–80	3,90	3,9	5,2
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	A _{пах} , 0–20	5,78	4,2	5,3
	A' ₂ , 20–48	5,25	4,2	5,3
	A» ₂ , 48–56	3,55	4,1	5,4
	A ₂ B, 56–82	3,77	4,0	5,5
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + навоз 40 т/га	A _{пах} , 0–20	3,81	4,6	5,9
	A' ₂ , 20–35	2,85	4,9	6,3
	A» ₂ , 35–58	3,5	4,2	5,7
	A ₂ B, 58–79	5,21	3,9	5,1

1972; Барсуков, 1995; Минеев и др., 2003). Совместное применение минеральных и органических удобрений также вызвало небольшое подкисление пахотного горизонта почвы, но не столь существенное, как при внесении только минеральных удобрений. Ф.И. Левин (1972) отмечал, что навоз сам содержит ряд кислот



**Рис. 14. Изменение содержания поглощенного алюминия
в дерново-подзолистых почвах при 59-летнем применении удобрений:**

1 — контроль; 2 — N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀; 3 — N₉₀P₉₀K₉₀ + навоз 40 т/га

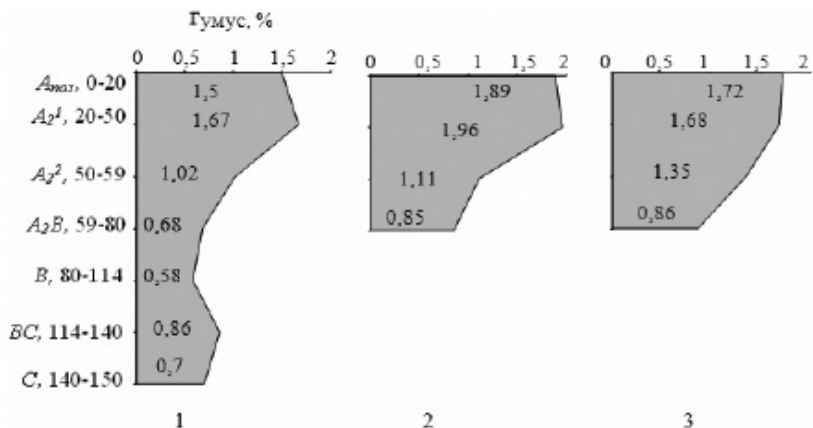


Рис. 15. Изменение содержания гумуса в дерново-подзолистых почвах при 59-летнем применении удобрений:

1 — контроль; 2 — $N_{120}P_{120}K_{120}$; 3 — $N_{90}P_{90}K_{90}$ + навоз 40 т/га

органических соединений, повышающих титруемую кислотность раствора.

Гумус — это самый сложный динамический комплекс органических соединений, образующихся при разложении и гумификации органических остатков растительного и животного происхождения. Органическое вещество улучшает химические, физико-химические, тепловые и технологические свойства почвы и её биологическую активность, регулирует питательный режим, реакцию среды, буферность, водно-физические свойства, способствует формированию гумусовых горизонтов (Жуков, Попов, 1988). Важное значение в накоплении гумуса в дерново-подзолистых почвах имеет уровень агротехники возделываемых культур, и в первую очередь внесение органических и минеральных удобрений.

В изучаемых дерново-подзолистых почвах в контроле содержание гумуса в верхних горизонтах составило 1,5–1,67 %, с глубиной его количество уменьшается постепенно (рис. 15).

Сравнивая полученные данные с данными К.А. Кузнецова (1952), видим, что перед закладкой опыта содержание гумуса в пахотном слое было несколько выше — 1,83% (табл. 21), следовательно, длительное использование дерново-подзолистых почв без удобрений привело к некоторому снижению и перераспреде-

Таблица 21. Гумус и кислотность дерново-подзолистых супесчаных почв Нарымской селекционной станции перед закладкой опыта (Кузнецов, 1952)

Горизонт, глубина взятия образца, см	Гидролитическая кислотность, мг-экв / 100 г почвы	Обменная кислотность (pH_{KCl})	Гумус, %
$A_{\text{пах}}$, 5–15	6,5	4,9	1,83
A_2 , 21–31	3,4	4,7	0,63
A_2B , 40–50	4,2	4,8	0,39
B_1 , 70–80	–	–	0,17

лению гумуса по профилю, что характерно для подзолообразовательного процесса. Содержание гумуса в варианте с систематическим применением минеральных удобрений было выше по всему профилю по сравнению с контролем. Совместное применение минеральных и органических удобрений вызвало меньшее снижение содержания гумуса (до 1,72 %) в пахотном горизонте по сравнению с минеральными удобрениями, а с глубиной его количество несколько возросло, что свидетельствует об усилении процесса вымывания за счет улучшения физических свойств дерново-подзолистых почв. Н.Ф. Тюменцев и Т.М. Южакова (1972) тоже отметили данное явление. Они писали, что почвы песчаного и супесчаного гранулометрического состава труднее окультурируются. Результаты анализа почвенных образцов с неудобряемой делянки многолетнего полевого опыта и с делянки, систематически удобряемой навозом и минеральными удобрениями с 1949 г., показали некоторое снижение содержания гумуса под влиянием удобрений.

П.А. Барсуковым (1995), который проводил исследования на тех же делянках, что и мы, в течение 1983–1993 гг. было установлено, что длительное применение минеральных удобрений, особенно в повышенных дозах, привело к ухудшению физико-химических свойств пахотного слоя почв: величина pH_{KCl} снизилась на 0,06–0,14, а гидролитическая кислотность увеличилась на 0,39 мг-экв/100 г почвы. Совместное применение минеральных и органических удобрений способствовало оптимизации показателей, за исключением гидролитической кислотности, которая возросла во всех вариантах опыта по сравнению с контролем.

В табл. 22 представлены результаты анализов ряда исследователей (Тюменцев, 1972; Кенжегулова, 2006) по данному длительному стационарному опыту.

Таблица 22. Сравнительная оценка данных некоторых физико-химических свойств горизонта $A_{\text{пах}}$ дерново-подзолистой почвы

Показатели	Авторы		
	Н.Ф. Тюменцев (1972 г.)	П.А. Барсуков (1995)	С.О. Кенжегулова (2006 г.)
Контроль			
Нг, мг-экв / 100 г почвы	—	3,59	2,54
pH _{KCl}	—	4,61	4,9
Гумус, %	1,9	1,28	1,5
Минеральные удобрения			
Нг, мг-экв / 100 г почвы	—	3,98	5,78
pH _{KCl}	—	4,55	4,2
Гумус, %	—	1,47	1,89
Минеральные и органические удобрения			
Нг, мг-экв / 100 г почвы	—	4,43	3,81
pH _{KCl}	—	4,81	4,65
Гумус, %	1,03	1,78	1,72

Из данных табл. 22 видно, что в пахотном горизонте контроля (без удобрений) гидролитическая кислотность снижается на фоне уменьшения содержания гумуса. Длительное применение минеральных удобрений увеличивает как гидролитическую кислотность, так и содержание гумуса. Совместное применение минеральных и органических удобрений уменьшает гидролитическую кислотность.

Таким образом, длительное применение минеральных удобрений на дерново-подзолистых почвах способствует ухудшению их физико-химических свойств — снижению суммы поглощенных кальция и магния, степени насыщенности ими и увеличивает гидролитическую кислотность в верхних горизонтах. Совместное внесение минеральных и органических удобрений более позитивно влияло на свойства почв: увеличивалось содержание суммы катионов кальция и магния, возросла степень насыщенности основаниями, снизился показатель гидролитической кислотности. Применение удобрений способствовало увеличению содержания гумуса по сравнению с контролем.

6.2. Черноземы

Антропогенное воздействие на почвы оказывает влияние на состав и свойства поглощающего комплекса. Распашка целинных черноземов и длительное неправильное их использование приводят к уменьшению емкости катионного обмена, снижению содержания поглощенных Ca^{2+} и Mg^{2+} и повышению гидролитической кислотности (Адерихин, 1964). Одностороннее применение физиологически кислых минеральных удобрений способствует заметному подкислению почвенного раствора. При этом понижается актуальная кислотность, сумма поглощенных оснований, степень насыщенности основаниями и увеличивается гидролитическая кислотность (Любарская, 1960; Адерихин и др., 1969). В свою очередь, установлено, что систематическое применение навоза на черноземах способствует повышению величины рН почвенного раствора, суммы поглощенных оснований, степени насыщенности почв основаниями и понижению гидролитической кислотности (Дружинин, 1958; Кудзин, Сухобрус, 1967 и др.).

Многие исследователи отмечают высокую устойчивость природных свойств и режимов черноземов в условиях различного сельскохозяйственного использования в разных почвенно-климатических зонах. По данным Е.А. Афанасьевой (1966), Н.И. Богданова (1964), А.М. Гринченко и др. (1968), Ф.Ш. Гарифуллина (1974) и др., антропогенез лишь видоизменяет, усиливает или ослабляет отдельные стороны естественного дернового (черноземного) процесса почвообразования. Однако еще со времен В.В. Докучаева известно, что неправильная распашка черноземов и нерациональное использование вызывают резкое ухудшение их свойств (Ковда, 1973 и др.).

6.2.1. Черноземы выщелоченные

Черноземы выщелоченные Алтайского Приобья (Западно-Сибирская овощная станция). Исследования прежних лет, проведенные в данном опыте на полях Западно-Сибирской овощной станции, свидетельствуют о том, что в результате применения довольно большого количества минеральных и органических удобрений за две ротации (1988–1998 гг.) величина pH_{KCl} изменилась незначительно — в контрольном варианте она находилась в пределах 6,7, при внесении минеральных удобрений — 5,8–6,3,

Таблица 23. Влияние удобрений на изменение кислотности чернозема выщелоченного в овощном севообороте по данным различных исследователей

Глубина взятия образцов, см	Гидролитическая кислот- ность, мг-экв/100 г почвы		рН _{KCl}		
	9-я ротация (1988 г.)	10-я ротация (1998 г.)	9-я ротация (1988 г.)	10-я ротация (1998 г.)	11-я ротация (2003 г.)
	В.И.Гладких, С.М.Сирота (2002)				М.А.Беляков и др. (2008 г.)
Без удобрений					
0–20	1,32	1,06	6,7	6,7	6,8
20–40	1,34	1,08	6,7	6,7	6,9
Минеральные удобрения					
0–20	1,28	1,28	6,8	6,5	6,9
20–40	1,32	1,31	6,7	6,4	6,9
Минеральные + органические удобрения					
0–20	1,48	0,80	6,9	6,8	7,4
20–40	1,17	0,80	6,7	6,8	7,3

что соответствует слабокислой реакции, а при применении органических удобрений реакция почвенной среды была ближе к нейтральной (рН 6,7-7,1) (Гладких, Сирота, 2002).

Данные В.И. Гладких и С.М. Сироты (2002), М.А. Белякова и др. (2008) свидетельствуют о том, что внесение минеральных удобрений несколько увеличивает гидролитическую кислотность и уменьшает солевую (табл. 23). Совместное внесение минеральных и органических удобрений приводит к снижению кислотности в слоях 0–20 и 20–40 см.

Из полученных нами в 2005 г. данных (табл. 24) видно, что в контроле и при систематическом внесении минеральных удобрений происходило с годами заметное увеличение гидролитической кислотности и уменьшение обменной. В нижних горизонтах возрастает щелочность и величина pH_{KCl} увеличивается до 7,5–7,6.

Таким образом, применение минеральных удобрений способствует заметному подкислению черноземов выщелоченных. Подкисление возрастает по мере продолжительности опыта. По мнению ряда исследователей, орошение также может способствовать некоторому подкислению черноземов (Щеглов, 1999;

Таблица 24. Изменение гидролитической кислотности и величины pH черноземов выщелоченных Западно-Сибирской овощной станции при 63-летнем применении удобрений

Горизонт, мощность, см	Гидролитическая кислотность, мг-экв/ 100 г почвы	pH _{H₂O}	pH _{KCl}
Контроль			
<i>A</i> _{пах} , 0–20	2,19	7,04	5,82
<i>A</i> , 20–39	2,45	7,05	5,68
<i>AB</i> , 39–56	2,28	6,89	5,40
<i>B</i> , 56–76	Не опр.	7,33	5,40
<i>BC</i> , 76–98	—»—	7,93	7,33
<i>C</i> _K , 98–160	—»—	8,34	7,58
N ₅₆ P ₈₁ K ₆₆			
<i>A</i> _{пах} , 0–20	2,37	6,71	5,83
<i>A</i> , 20–34	2,54	6,91	5,48
<i>AB</i> , 34–47	1,75	7,28	5,40
<i>B</i> , 47–63	Не опр.	7,30	5,43
<i>BC</i> , 63–87	—»—	7,40	5,80
<i>C</i> ₁ , 87–110	—»—	8,50	7,48
<i>C</i> _{2K} , 110–150	—»—	8,55	7,60
N ₅₆ P ₈₁ K ₆₆ + навоз 6 т/га			
<i>A</i> _{пах} , 0–20	1,32	7,42	6,58
<i>A</i> , 20–32	0,79	7,78	7,03
<i>AB</i> , 32–66	0,35	7,63	7,35
<i>B</i> , 66–86	Не опр.	8,35	7,48
<i>BC</i> , 86–98	—»—	8,50	7,55
<i>C</i> _K , 98–165	—»—	8,60	7,62
НСП _{0,5}	0,21	0,93	1,35

Щербаков, Васенов, 2000). Совместное применение минеральных и органических удобрений заметно снижает величину гидролитической кислотности по всему профилю. Величина pH_{H₂O} в горизонте *A* близка к нейтральной, а с глубиной реакция становится щелочной (табл. 24).

Установлено, что распашка и длительное использование черноземов без применения удобрений в зерносвекловичном севообороте приводят к постепенному снижению емкости поглощения и уменьшению содержания обменного кальция. Содержание поглощенного магния уменьшается медленнее. Вместе с тем доля катионов в обменном комплексе пашни изменяется незначительно по сравнению с целиной, т. е. состав почвенного поглощающего комплекса в старопашотных черноземах остается таким же, как и на целине (Гринченко и др. 1972).

Полученные нами данные в овощном севообороте (см. табл. 25) свидетельствуют о том, что в контроле (без удобрений) емкость поглощения небольшая и изменяется в гумусовом слое ($A_{\text{пах}} + A + AB$) незначительно — с 20 до 22,5 мг-экв/ 100 г почвы. С глубиной её величина снижается в материнской породе до 14,5–15,2 мг-экв/ 100 г почвы. Систематическое внесение минеральных удобрений и их совместное применение с органическими удобрениями практически не влияют на данный показатель. На долю поглощенных Ca^{2+} и Mg^{2+} приходится свыше 90 % и более, что свидетельствует о высоком потенциальном плодородии изучаемых почв и о стабильности состава поглощенных оснований в черноземах выщелоченных. В почвенном поглощающем комплексе черноземов в контроле и на фоне систематического применения минеральных удобрений содержится примерно одинаковое количество поглощенных Ca^{2+} и Mg^{2+} . При совместном внесении минеральных и органических удобрений содержание поглощенного кальция увеличивается до 81–91 %, а степень насыщенности основаниями — до 98 %, т. е. данные почвы являются потенциально плодородными со сравнительно устойчивыми физико-химическими показателями.

Влияние сельскохозяйственной деятельности наиболее существенно сказывается на общем содержании гумуса. Как показали многочисленные результаты исследований, в первые годы после распашки все почвы теряют до 30–40 % общего содержания гумуса, затем темпы минерализации уменьшаются, и его содержание стабилизируется на более низком уровне (Егоров, 1981; Золотарева и др., 1988). Установлено, что стабилизация гумусового состояния старопашотных черноземов Центральной-Черноземной области отмечена при достижении ими уровня деградации с содержанием гумуса около 5 %. Потери гумуса из пахотного горизонта таких почв за последнее столетие не превы-

Таблица 25. Изменение емкости катионного обмена и составе поглощенных оснований в черноземах выщелоченных Алтайского Приобья при 63-летнем применении удобрений

Горизонт, мощность, см	ЕКО	Сумма по- глощенных оснований	Поглощенные				Степени насыщен- ности основа- ниями (W), %
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
	мг-экв на 100 г почвы				% от ЕКО		
Контроль							
<i>A</i> _{нах} , 0–20	21,18	18,99	16,04	2,95	75,73	13,93	89,66
<i>A</i> , 20–39	21,43	18,98	16,00	2,98	74,66	13,91	88,57
<i>AB</i> , 39–56	20,26	17,98	15,3	2,68	75,52	13,23	88,75
<i>B</i> , 56–76	18,6	17,11	14,58	2,53	78,39	13,6	91,99
<i>BC</i> , 76–98	18,65	18,03	15,75	2,28	84,45	12,23	96,68
<i>C</i> _к , 98–160	14,89	14,54	13,25	1,29	88,99	8,66	97,65
N ₅₆ P ₈₁ K ₆₆							
<i>A</i> _{нах} , 0–20	21,99	19,62	16,58	3,04	75,4	13,85	89,22
<i>A</i> , 20–34	21,54	19	16,1	2,9	74,74	13,46	88,21
<i>AB</i> , 34–47	19,38	17,63	14,7	2,93	75,85	15,12	90,97
<i>B</i> , 47–63	18,58	17,26	14,33	2,93	77,13	15,77	92,9
<i>BC</i> , 63–87	17,74	16,77	14,74	2,03	83,09	11,44	94,53
<i>C</i> _{лк} , 87–110	17,08	16,73	14,7	2,03	86,07	11,89	97,95
<i>C</i> _{2к} ,	14,45	14,18	12,83	1,35	88,79	9,34	98,13
N ₅₆ P ₈₁ K ₆₆ + навоз 6т/га							
<i>A</i> _{нах} , 0–20	21,57	20,25	17,55	2,7	81,36	12,52	93,88
<i>A</i> , 20–32	22,5	21,71	19,01	2,7	84,49	12	96,49
<i>AB</i> , 32–66	21,16	20,81	18,78	2,03	88,75	9,59	98,35
<i>B</i> , 66–86	19,4	18,96	17,68	1,28	91,13	6,6	97,73
<i>BC</i> , 86–98	17,98	17,63	16,18	1,45	89,99	8,06	98,05
<i>C</i> _к , 98–165	15,52	15,24	13,19	2,05	84,99	13,21	98,2
HCP _{0,5}		1,68					

сили 1,6 %, что соответствует интенсивности проградационного процесса на полях с прифермскими севооборотами (Щербаков, Васенев, 2000). Как отмечают В.И. Гладких и С.М. Сирота (2002), процесс изменения общего запаса гумуса почвы — сложный и

Таблица 26. Влияние удобрений на изменение содержания гумуса в черноземе выщелоченном в овощном севообороте по данным различных исследователей

Глубина взятия образцов, см	Гумус, %		
	9-я ротация (1988 г.)	10-я ротация (1998 г.)	11-я ротация
	В.И.Гладких, С.М.Сирота (2002 г.)		М.А.Беляков и др. (2008 г.)
Без удобрений			
0–20	4,3	3,8	4,0
20–40	4,2	3,8	3,9
Минеральные удобрения			
0–20	4,2	3,7	4,1
20–40	4,1	3,8	4,0
Минеральные + органические удобрения			
0–20	4,4	4,6	5,9
20–40	4,2	4,5	5,3

длительный. Поэтому наиболее целесообразно влияние удобрений на содержание гумуса изучать в длительных стационарных опытах. Данными исследователями прослежено изменение содержания гумуса в черноземах вышеизложенных Алтайского Приобья за период с 1972 по 2003 г. (табл. 26).

Из данных табл. 26 видно, что в контроле, где удобрения не вносили весь период исследований, но почвы активно использовались для выращивания овощных культур, снижение гумуса в пахотном горизонте составило 32 % по сравнению с его исходным содержанием, а в подпахотном — 28,4 % (Гладких, Сирота, 2002). Систематическое применение минеральных удобрений не приостановило снижение содержания гумуса, а совместное применение минеральных и органических удобрений увеличило его в пахотном и подпахотном горизонтах за последние три ротации (рис. 16).

На фоне минеральных удобрений по сравнению с контролем в гумусовом слое содержание гумуса возросло на 0,16 % в пахотном слое и на 0,58 % — в подпахотном за счет вымывания органических веществ в подпахотный слой при орошении. На это указывают многие исследователи (Зайцева и др., 1988; Щеглов, 1999; Клепов, 2000). Однако подобная закономерность установлена и другими исследователями (Золотарева и др., 1988) в севооборотах

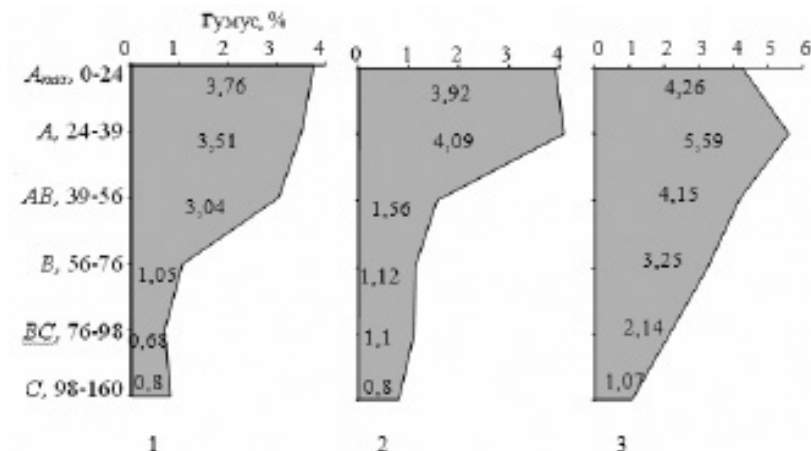


Рис. 16. Изменение содержания гумуса в черноземах выщелоченных при 63-летнем орошении и применении удобрений:

1 — контроль; 2 — $N_{56}P_{81}K_{66}$; 3 — $N_{56}P_{81}K_{66} + 6 \text{ т/га}$ навоза

без орошения. По их мнению, увеличение содержания гумуса в подпахотных горизонтах черноземов связано с тем, что именно в подпахотном и нижележащих горизонтах создаются наиболее благоприятные гидротермические условия для преобладания гумификации над минерализацией органического вещества.

Применение органических и минеральных удобрений увеличило количество гумуса по всему профилю по сравнению с другими вариантами. В пахотном слое его содержится 4,26, а в подпахотном — 5,59 %, что связано с выносом органического вещества с урожаем и орошением. Таким образом, совместное применение минеральных и органических удобрений повысило содержание гумуса в пахотном горизонте на 13,3, а в подпахотном — на 59,3 % (НСР_{0,5} по вариантам — 0,76, а по горизонтам — 1,07).

6.2.2. Черноземы выщелоченные Новосибирского Приобья (Новосибирская область, Ордынский район, ОПХ «Боровское»)

На пастбище в черноземах выщелоченных при длительном применении удобрений и орошении состав поглощенных оснований несколько изменился (табл. 27). В контроле без применения

Таблица 27. Емкость катионного обмена и состав поглощенных оснований в черноземах выщелоченных при 29-летнем применении удобрений

Горизонт, мощность, см	ЕКО	Сумма по- гло- щенных основа- ний	Поглощенные				Степень на- сыщенности основаниями, %
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
	мг-экв на 100 г почвы				% от ЕКО		
Контроль							
<i>A</i> , 3–26	15,05	13,68	11,58	2,1	76,94	13,95	90,9
<i>AB</i> , 26–42	14,9	14,11	12,33	1,78	82,75	11,95	94,7
<i>B</i> , 42–54	15,05	14,36	12,73	1,63	84,58	10,83	95,4
<i>BC</i> , 54–80	12,8	12,5	11,63	0,87	90,86	6,8	97,7
<i>C</i> ₁ , 80–106	10,83	10,63	10,13	0,5	93,54	4,62	98,2
<i>C</i> ₂ , 106–200	8	7,82	6,74	1,08	84,25	13,5	97,8
P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₈₀ (I _{фон} + N ₁₈₀)							
<i>A</i> , 3–25	16,86	12,67	11,12	1,55	65,95	9,19	75,2
<i>AB</i> , 25–44	15,89	14,98	12,9	2,08	81,18	13,09	94,3
<i>B</i> , 44–67	13,85	13,3	12,17	1,13	87,87	8,16	96
<i>BC</i> , 67–97	9,22	9,02	8,78	0,24	95,23	2,6	97,8
<i>C</i> ₁ , 97–127	6,76	6,6	6,27	0,33	92,75	4,88	97,6
<i>C</i> ₂ , 127–160	4,27	4,13	3,8	0,33	88,99	7,73	96,7
P ₉₀ K ₁₂₀ + N ₃₀₀ (II _{фон} + N ₃₀₀)							
<i>A</i> , 3–38	15,76	13,01	11,18	1,83	70,94	11,61	82,6
<i>AB</i> , 38–53	15,97	15,51	13,48	2,03	84,41	12,71	97,1
<i>B</i> , 53–78	15,4	15,08	13,4	1,68	87,01	10,91	97,9
<i>BC</i> , 78–122	11,43	11,16	10,48	0,68	91,69	5,95	97,6
<i>C</i> ₁ , 122–180	5,7	5,52	5,09	0,43	89,3	7,54	96,8
<i>C</i> ₂ , 180–200	5,68	5,5	5,15	0,35	90,67	6,16	96,8
НСП _{0,5}		2,07					

удобрений сумма поглощенных оснований по глубине распре-
делялась более-менее равномерно. В пахотном горизонте она соста-
вила 13,68 мг-экв/100 г почвы. С глубиной в горизонтах *AB* и *B*
шло некоторое её увеличение за счет длительного орошения. В
нижних горизонтах сумма поглощенных оснований снизилась до

7,82 мг-экв/100 г почвы за счет облегчения гранулометрического состава. В составе поглощенных оснований преобладали катионы кальция, на долю которых приходилось 76,9–93,5 % от ЕКО. Емкость катионного обмена изменялась так же, как и сумма поглощенных оснований. Степень насыщенности основаниями высокая — с верхнего до нижнего горизонта в пределах от 90,9 до 98,2 %.

В варианте с длительным применением минеральных удобрений в верхних горизонтах произошло некоторое уменьшение как суммы поглощенных оснований, так и содержания обменного кальция, что, по нашему мнению, является следствием выщелачивания обменных катионов поливной водой. По мнению А.П. Аникиной и др. (1988), снижение содержания Ca^{2+} и Mg^{2+} связано также с длительным применением высоких доз азотных удобрений, имеющих в своем составе группу NH_4^+ , которая частично может поглощаться растениями и в большей мере подвергаться нитрификации. Взамен ее в почвенный раствор поступает ион H^+ , который вытесняет катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} . При систематическом длительном применении минеральных удобрений степень насыщенности основаниями уменьшается по сравнению с контролем до 75,2 % в горизонте А.

Внесение минеральных удобрений снизило величину $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ и pH_{KCl} в пахотном горизонте черноземов выщелоченных (табл. 28). Вниз по профилю наблюдается повышение величины рН, как солевой, так и водной. В контроле величина pH_{KCl} — 6,2, в нижних горизонтах она достигает 7,7, где сосредоточено большое скопление карбонатов. Подобная тенденция сохраняется и для величины $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$. Применение минеральных удобрений привело к снижению величины рН в верхних горизонтах за счет внесения физиологически кислых удобрений. В нижних горизонтах данная величина изменяется незначительно по сравнению с контролем.

В исходном состоянии перед закладкой опыта (1976 г.) в черноземе выщелоченном содержание гумуса в перегнойно-аккумулятивном горизонте А составило 4,9 %. После 8-летнего опыта с орошением и внесением удобрений в контроле содержание гумуса снизилось до 4,4 %, в вариантах $\text{P}_{60}\text{K}_{60} + \text{N}_{180}$ и $\text{P}_{90}\text{K}_{120} + \text{N}_{300}$ — соответственно до 4,3 и 4,7 %.

Вовлечение черноземов в орошаемое земледелие сопровождается изменением профильного распределения гумуса. Так, Д.И. Щегловым (1999) установлено, что в орошаемых черноземах

Таблица 28. Величина pH и обменная кислотность в черноземах выщелоченных в ОПХ «Боровское» при 29-летнем применении удобрений

Горизонт, мощность. см	Величина pH_{H_2O}	Обменная кислотность, величина pH_{KCl}
Контроль		
A, 3–26	7,25	6,2
AB, 26–42	7,90	6,3
B, 42–54	7,90	6,5
BC, 54–80	8,29	7,25
C ₁ , 80–106	8,64	7,65
C ₂ , 106–200	8,62	7,7
$P_{60}K_{60} + N_{180} (I_{фон} + N_{180})$		
A, 3–25	6,92	5,08
AB, 25–44	7,36	6,02
B, 44–67	7,72	6,45
BC, 67–97	8,53	7,68
C ₁ , 97–127	8,59	7,7
C ₂ , 127–160	8,62	7,9
$P_{90}K_{120} + N_{300} (II_{фон} + N_{300})$		
A, 3–38	6,70	5,85
AB, 38–53	7,76	7,18
B, 53–78	7,85	7,43
BC, 78–122	8,00	7,7
C ₁ , 122–180	8,23	7,85
C ₂ , 180–200	8,24	7,88
HCP _{0,5}	0,34	0,68

наблюдается некоторое снижение количества гумуса по всему профилю. Другие исследователи также отмечают, что проводимое в течение 14 лет орошение черноземов привело к снижению содержания подвижных органических веществ в контрольных и удобренных вариантах полевого опыта (Носко, 1984).

По результатам наших исследований, после 29-летнего орошения и систематического применения удобрений на орошаемом пастбище произошло дальнейшее уменьшение гумусированно-

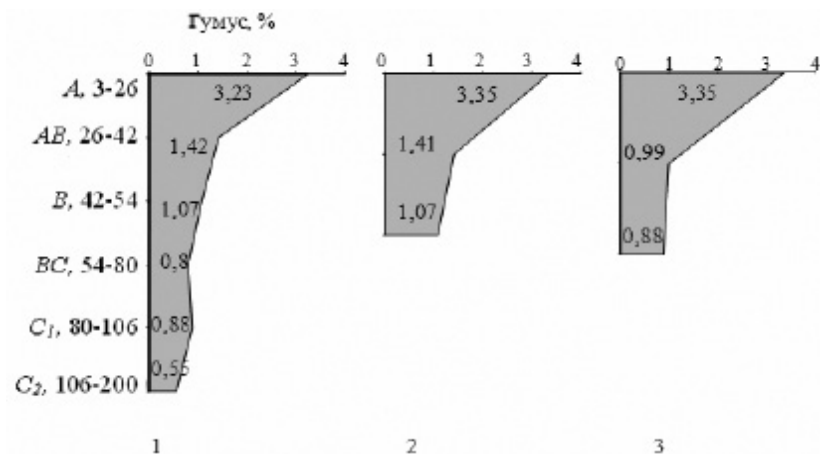


Рис.17. Изменение содержания гумуса в черноземах выщелоченных при 29-летнем применении минеральных удобрений:

1 — контроль; 2 — $P_{60}K_{60} + N_{180}$; 3 — $P_{90}K_{120} + N_{300}$.

сти перегнойно-аккумулятивного горизонта чернозема выщелоченного. Содержание гумуса в контроле (без удобрений) снизилось до 3,23, а при внесении минеральных удобрений — до 3,35 % (рис. 17).

Снижение количества гумуса произошло в результате интенсивной минерализации органического вещества почвы и перехода минеральных веществ из труднорастворимых форм в легкорастворимые, что способствует их вымыванию при орошении (Морковин, 2000). Как отмечалось нами ранее, по данным А.П. Щербакова и И.И. Васенева (2000), потери гумуса за последнее столетие в пахотных черноземах составили 1,6 %, а по данным Д.И. Щеглова (1999), в условиях орошения примерно за 20 лет потери гумуса в верхнем горизонте не превышали 1 %.

В контроле вниз по профилю содержание гумуса в горизонте AB (26–42 см) резко снижается, глубже его распределение более равномерно, и на глубине 106–200 см гумуса содержится 0,55 %. При систематическом применении минеральных удобрений в верхних горизонтах черноземов выщелоченных содержание гумуса несколько возрастает по сравнению с контролем. В обоих вариантах с различными дозами удобрений количество гумуса равно 3,35 %. Если содержание гумуса в контроле принять за 100 %, то применение минеральных удобрений обеспечило его

прибавку на 3,7 % за счет большего количества растительных остатков. В варианте $P_{60}K_{60} + N_{180}$ в нижних горизонтах содержание гумуса одинаково с контролем, а применение высоких доз удобрений ($P_{90}K_{120} + N_{300}$) привело к снижению содержания гумуса в нижних горизонтах. Ряд исследователей связывали уменьшение запасов гумуса в почвах с внесением высоких доз азотных удобрений (Volker et al., 1980). А.П. Аникина и др. (1988) также отмечали, что внесение очень высоких доз азотных удобрений (N_{300}) уменьшает сбор кормовой продукции.

Таким образом, на орошаемом пастбище на черноземах выщелоченных при применении минеральных удобрений в гумусовом слое уменьшилась сумма поглощенных оснований и степень насыщенности ими, произошло заметное подкисление верхних горизонтов и некоторое увеличение содержания гумуса по всему профилю.

6.2.3. Черноземы южные (Северо-Кулундинская опытная станция)

Распашка целинных почв — наиболее распространенный вид антропогенной нагрузки, приводящий к значительным изменениям почвенных процессов: уничтожается естественная растительность, разрушается дернина, что приводит к изменению экологической обстановки почвообразования и прерыванию естественного хода развития почв. Основными причинами трансформации почвенных процессов после распашки целины являются резкое уменьшение поступления растительных остатков в почву и изменение ее гидрологического режима. По данным Н.А. Афанасьева (1993), емкость катионного обмена в целинном черноземе в слое 0–27 см равнялась 30,3, а через 4 года после распашки она снизилась приблизительно до 23 мг-экв/100 г почвы. Примерно такая же закономерность установлена и У.У. Успановым (1974) при изучении черноземов южных Северного Казахстана.

Нами в Северной Кулунде проведена сравнительная оценка емкости катионного обмена и состава поглощенных оснований чернозема южного на целине и при сельскохозяйственном использовании (табл. 28).

За счет легкого гранулометрического состава и невысокого содержания гумуса исследуемые черноземы южные имеют небольшую емкость катионного обмена — 10–16 мг-экв/100 г по-

Таблица 28. Емкость катионного обмена и состав поглощенных оснований в черноземах южных при сельскохозяйственном использовании

Горизонт, мощность, см	ЕКО	Сумма поглощенных оснований	Поглощенные				Степень насыщенности основаниями
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
	мг-экв/100 г почвы				% от ЕКО		
Целина							
<i>A</i> _{пах} , 3–27	16,31	14,18	12,14	2,04	74,43	12,15	86,94
<i>AB</i> , 27–42	13,57	12,12	10,32	1,80	76,05	13,26	89,31
<i>B</i> ₁ , 43–73	12,01	11,65	10,18	1,47	84,76	12,24	97,00
<i>B</i> _{2к} , 73–107	10,58	10,46	9,28	1,18	87,71	11,15	98,87
<i>BC</i> _к , 107–120	8,43	8,33	7,20	1,13	85,41	13,40	98,81
<i>C</i> _к , 120–134	8,27	8,17	7,07	1,10	85,49	13,30	98,79
Вторая пшеница по пару							
<i>A</i> _{пах} , 0–20	14,41	11,20	9,43	1,77	65,44	12,28	77,72
<i>AB</i> , 20–39	12,79	11,26	9,43	1,83	73,73	14,31	88,04
<i>B</i> ₁ , 39–60	10,62	9,75	8,10	1,65	76,27	15,54	91,81
<i>B</i> _{2к} , 60–104	7,40	7,25	6,27	0,98	84,73	13,24	97,97
<i>BC</i> _к , 104–124	6,71	6,63	5,63	1,00	83,90	14,90	98,81
<i>C</i> _к , 124–134	6,92	6,87	5,82	1,05	84,10	15,17	99,28
НРС _{0,5}		3,53					

чвы, причем на целине она выше, чем на пашне. С глубиной легкосуглинистый гранулометрический состав переходит в супесчаный, что способствует уменьшению ЕКО. Сумма поглощенных оснований также невысока и составляет на целине в горизонте А 14,18 мг-экв/100 г почвы. С глубиной она заметно снижается, достигая в материнской породе 8,17 мг-экв/100 г почвы. Почвенный поглощающий комплекс насыщен кальцием. Его содержание в горизонте А равно 74 %, а с глубиной увеличивается до 85,5 %, так как по профилю возрастает содержание карбоната кальция. На долю обменного магния приходится 12,5 % в горизонте А, а глубже оно увеличивается до 13,3 %. Степень насыщенности основаниями высокая — 86,9 %.

Длительное сельскохозяйственное использование чернозема южного вызвало снижение как величины емкости катионного об-

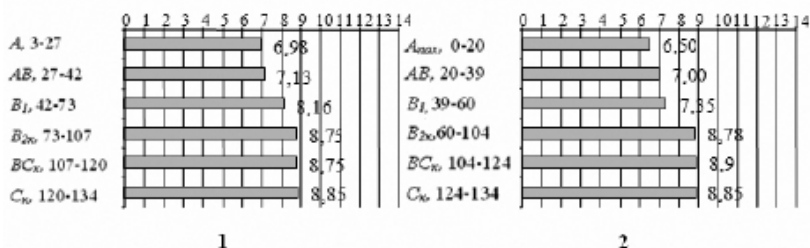


Рис. 18. Изменение величины pH в черноземах южных при сельскохозяйственном использовании:

1 — целина; 2 — вторая пшеница после пара

мена, так и суммы поглощенных оснований, в том числе несколько снизилось содержание обменного кальция. При этом количество обменного магния на пахне немного возросло по сравнению с целиной, что свидетельствует об увеличении степени солонцеватости в профиле почвы. В пахотном горизонте степень насыщенности основаниями заметно уменьшилась, хотя с глубиной она, как и на целине, оставалась высокой — 98–99 %.

Величина pH в изучаемой почве изменяется незначительно, хотя на пахне в горизонте $A_{\text{пах}}$ и AB она ниже, чем на целине (рис. 18).

Реакция почвенного раствора в гумусовом слое нейтральная — около 7,0, с глубиной — слабощелочная и щелочная за счет скопления карбонатов.

Наиболее заметные изменения в профиле черноземов южных при сельскохозяйственном использовании произошли в содержании гумуса (рис. 19).

В пахне количество гумуса заметно снижается — с 4,6 до 3,7 %, что связано с усилением окислительных процессов (минерализацией органического вещества) в результате рыхления верхних горизонтов. За 10–15 лет освоения в черноземах южных потери гумуса могут достичь 1 % и более, о чем свидетельствуют результаты наших исследований.

По данным М.И. Рубинштейна (1959), убыль гумуса в черноземах южных за 6 лет использования составила 0,6 %, тогда как исследования В.И. Кирюшина и И.Н. Лебедевой (1984) показали, что содержание гумуса в пахотном слое черноземов южных за 10–60 лет их использования в полевых севооборотах при отваль-

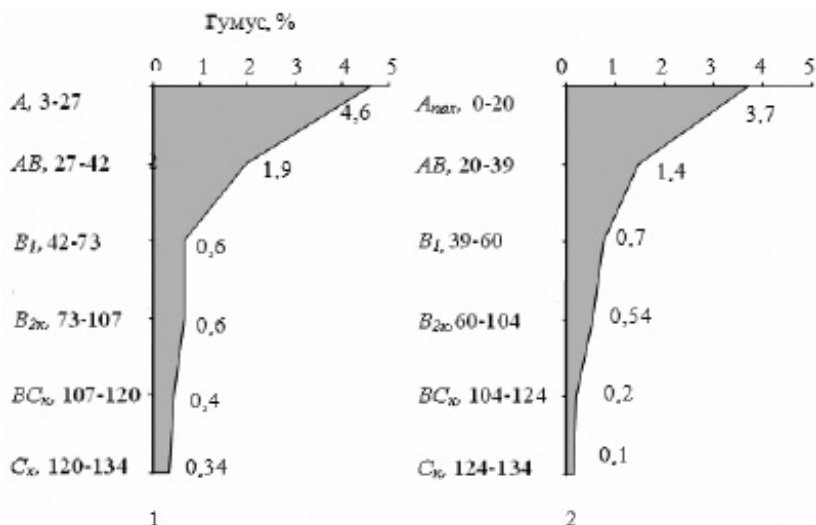


Рис. 19. Изменение содержания гумуса в черноземах южных при сельскохозяйственном использовании:

1 — целина; 2 — вторая пшеница после пара

ной вспашке без применения удобрений в условиях, исключающих проявление эрозионных процессов, снизилось на 10–21 %.

С глубиной, по нашим данным (см. рис. 19), количество гумуса существенно снижается как на целине, так и на пашне — в горизонте *AB* его содержание уменьшается на целине на 41,3 % по сравнению с горизонтом *A*, а в пашне — на 37,8 %. В материнской породе оно достигает 0,34–0,1 %.

6.3. Каштановые почвы

Кулундинская степь расположена в зоне каштановых почв. Вследствие легкого гранулометрического состава и небольшого содержания гумуса в каштановых почвах емкость катионного обмена и сумма поглощенных оснований невелики — 10–15 мг-экв/100 г почвы. Из обменных оснований в них преобладает катион кальция. На его долю приходится 70–80 % от емкости обмена (Ильин, 1967).

Различное сельскохозяйственное использование каштановых почв по-разному влияет на их физико-химические свойства. Как

показали наши исследования, в гумусовом слое каштановых почв под второй пшеницей после пара и под многолетними травами емкость катионного обмена наибольшая — 9,95–8,93, с глубиной она снижается до 6,7–5,4 мг-экв/100 г почвы. Под бессменным паром и пшеницей данная величина несколько меньше и соответственно равна 8,58 и 8,46. Та же зависимость отмечается и по данным суммы поглощенных оснований (табл. 29). Под второй пшеницей после пара и многолетними травами она равна соответственно 9,24 и 10,1 мг-экв/100 г почвы.

Под бессменной пшеницей сумма поглощенных оснований несколько ниже, что объясняется более легким гранулометрическим составом, в варианте с бессменным паром еще меньше — 6,52 мг-экв/100 г почвы, что связано с низким содержанием гумуса (1,25 %) и возможными процессами ветровой эрозии (Семендяева, Кенжегулова, 2008). В составе поглощенных оснований преобладает катион кальция, на долю которого приходится в горизонте $A_{\text{пах}}$ от 59 % в бессменном пару до 71 — под многолетними травами. Высока также доля и поглощенного магния — от 13–16 до 29 %, что свидетельствует о наличии в данных почвах признаков солонцеватости, причем четко прослеживается увеличение обменного магния от черноземов южных к каштановым почвам. Наибольшее количество обменного магния обнаруживается под многолетними травами, а наименьшее — в бессменном пару.

Степень насыщенности основаниями наибольшая в гумусовом слое под многолетними травами (90,1 %) и в севообороте (85,4 %), где происходит улучшение свойств почвы за счет накопления органического вещества (табл. 30).

Сельскохозяйственное использование каштановых почв без применения удобрений приводит к снижению запасов гумуса. По мнению Л.М. Бурлаковой и В.А. Рассыпного (1990), использование почв в течение 50–75 лет без органических удобрений и травосеяния приводит к их эрозионному разрушению. При этом запасы гумуса снижаются на 20–50 % и гумусовый слой уменьшается на 10–30 см. Данные В.М. Гнатовского (1990, 1991) подтверждают это предположение. Из данных табл. 30 видно, что наибольшие потери гумуса произошли в бессменном пару (–16,8 т/га) и в зернопаровом севообороте (–10,2 т/га). По мнению В.М. Гнатовского, паровое поле является тем звеном, в котором прерывается круговорот органического вещества, нарушая динамическое равновесие между его поступлением и выносом. Самая

Таблица 29. Емкость катионного обмена и состав поглощенных оснований каштановых почв при 37-летнем сельскохозяйственном использовании

Горизонт, мощность, см	ЕКО	Сумма поглощенных оснований	Поглощенные				Степень насыщенности основаниями
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
	мг-экв/100 г почвы				% от ЕКО		
Бессменный пар							
<i>A</i> _{пах} , 0–20	8,58	6,25	5,10	1,42	59,44	16,55	75,99
<i>AB</i> , 20–30	8,92	8,22	7,00	1,22	78,48	13,68	92,15
<i>B</i> ₁ , 30–54	9,09	8,83	7,60	1,23	83,61	13,53	97,14
<i>B</i> _{2К} , 54–86	6,33	6,23	5,30	0,93	83,73	14,69	98,42
<i>BC</i> _К , 86–118	6,70	6,63	5,43	1,20	81,04	17,91	98,96
<i>C</i> _К , 118–150	4,40	4,33	3,33	1,00	75,68	22,73	98,41
Бессменные многолетние травы							
<i>A</i> _{пах} , 1,5–20	8,93	8,05	6,37	1,68	71,33	18,18	90,15
<i>AB</i> , 20–38	9,33	8,32	6,55	1,77	70,20	18,97	89,17
<i>B</i> ₁ , 38–77	8,51	7,98	6,50	1,48	76,38	17,39	93,77
<i>B</i> _{2К} , 77–113	7,84	7,74	6,09	1,65	77,68	21,05	98,72
<i>BC</i> _К , 113–140	7,87	7,78	5,75	2,03	73,06	25,79	98,86
<i>C</i> _К , 140–150	5,39	5,33	3,73	1,60	69,20	29,68	98,89
Бессменная пшеница							
<i>A</i> _{пах} , 0–20	8,46	7,06	5,78	1,08	68,32	15,13	83,45
<i>AB</i> , 20–32	7,81	7,11	6,13	0,98	78,49	12,55	91,04
<i>B</i> ₁ , 32–77	7,09	6,60	5,63	0,97	79,41	13,68	93,09
<i>B</i> _{2К} , 77–110	5,26	5,10	4,25	0,85	80,80	16,16	96,96
<i>BC</i> _К , 110–140	4,87	4,78	3,93	0,85	80,70	17,45	98,15
<i>C</i> _К , 140–162	5,27	5,18	4,35	0,83	82,54	15,75	98,29
<i>Д</i> , 162–170	3,54	3,46	2,78	0,68	78,53	19,21	97,74
Вторая пшеница после пара							
<i>A</i> _{пах} , 0–20	9,95	8,20	6,53	1,67	65,63	16,78	85,41
<i>AB</i> , 20–36	11,14	9,70	7,60	2,10	68,22	18,52	87,07
<i>B</i> ₁ , 36–63	11,11	10,41	8,48	1,93	76,33	17,37	93,70
<i>B</i> _{2К} , 63–93	7,80	7,66	6,83	0,83	87,56	10,64	98,21
<i>BC</i> _К , 93–118	4,67	4,58	3,70	0,88	79,23	18,84	98,07
<i>C</i> _К , 118–150	6,69	6,63	5,33	1,30	79,67	19,43	99,10
НРС _{0,5}		1,77					

Таблица 30. Изменение запасов гумуса в каштановых почвах в слое 0–20 см за 15-летний период исследований (1969–1984 гг.), (Гнатовский, 1991), т/га

Вариант	1969 г.	1984 г.
Бессменный пар	52,0	35,2
Бессменные многолетние травы	58,4	58,8
Бессменная пшеница	59,6	58,4
Севооборот	54,2	44,0

низкая минерализация гумуса отмечена под бессменной пшеницей (–1,2 т/га), а под бессменными травами произошло некоторое увеличение количества гумуса (+0,4 т/га), т. е. многолетние травы способствуют улучшению и восстановлению физико-химических свойств каштановых почв.

Через 37 лет сельскохозяйственного использования данных почв в вариантах опыта прослеживается та же закономерность. В бессменном пару содержание гумуса в пахотном горизонте низкое — 1,25, в подпахотном — 0,89 %, что обусловлено усилением минерализации органического вещества в результате интенсивных обработок при недостатке растительных (пожнивных) остатков и проявлением процессов эрозии (рис. 20). Вниз по профилю содержание гумуса уменьшается постепенно, достигая в горизонте C_k 0,3 %. В зернопаровом севообороте под второй пшеницей после пара в горизонте $A_{\text{пах}}$ содержалось гумуса 2,05 %, что также связано с наличием в севообороте черного пара, в котором прерывается круговорот органического вещества и усиливается ветровая эрозия. В подпахотном горизонте количество гумуса в севообороте равно 1,53, а под многолетними травами — 1,84 %. В севообороте, по сравнению с бессменным паром, происходит некоторое увеличение гумуса за счет накопления растительных остатков. По данным П.Н. Назаренко (1991), при почвозащитной системе земледелия в Кулундинской степи наиболее продуктивными являются парозерновые севообороты с короткой ротацией, которые обеспечили в среднем за 1973–1990 гг. выход зерна 7,1, а при бессменном возделывании пшеницы—5,4 ц/га севооборотной площади.

Под бессменной пшеницей в пахотном горизонте произошло увеличение гумуса на 2,37 % по сравнению с паром, однако при сравнении с данными В.М. Гнатовского (1991) видно,

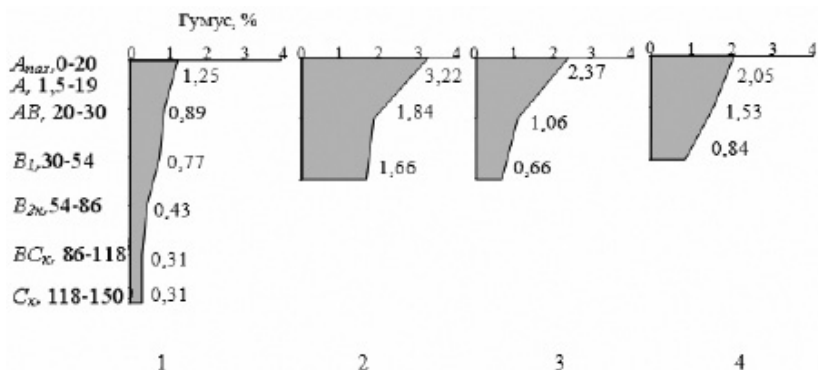


Рис. 20. Изменение содержания гумуса в каштановых почвах при 37-летнем сельскохозяйственном использовании:

1 — бессменный пар; 2 — бессменные многолетние травы; 3 — бессменная пшеница; 4 — вторая пшеница после пара

что количество гумуса уменьшилось, что согласуется с данными Г.П. Кекильбаевой (2007), которая установила, что на целине в темно-каштановой почве содержалось в горизонте A 5,5 % гумуса, а под бессменной пшеницей его количество уменьшилось до 3,3 %. По мнению В.В. Жандарова (2000), каштановые почвы под влиянием антропогенного воздействия приобретают свойства светло-каштановых почв и существенно снижают свое плодородие.

В варианте с многолетними травами в каштановых почвах произошло увеличение содержания гумуса по всему профилю (см. рис. 20). В горизонте A его количество составило 3,22 %, в горизонте AB — 1,84, а в горизонте B — 1,66 %, что связано с накоплением органического вещества за счет корневых остатков и прекращением эрозионных процессов. В целом это способствует улучшению свойств почвы и повышению ее плодородия. Если содержание гумуса в бессменном пару принять за 100 %, то в варианте с многолетними травами содержание гумуса возросло на 158 %, под бессменной пшеницей — на 90, а в севообороте — на 64 %.

Как показали результаты исследований, реакция среды пахотного горизонта A в каштановых почвах близка к нейтральной, а нижних горизонтах — щелочная, что объясняется наличием в почвенном профиле скоплений карбонатов (рис. 21).

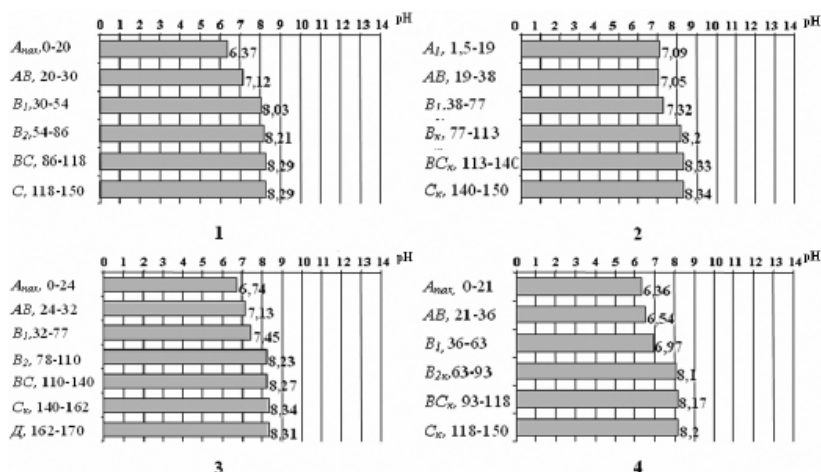


Рис. 21. Изменение величины pH в каштановых почвах при сельскохозяйственном использовании:

1 — бессиennyй пар; 2 — бессиennyе многолетние травы; 3 — бессиennая пшеница; 4 — вторая пшеница после пара

В варианте с многолетними травами в горизонте *A* величина pH равна 7,07, что связано, по нашему мнению, с поднятием карбонатов, тогда как в остальных вариантах опыта она равна 6,3–6,7.

Таким образом, при различном сельскохозяйственном воздействии по-разному изменяются физико-химические свойства каштановых почв. В их пахотных горизонтах уменьшается емкость поглощения. При этом снижается доля поглощенного кальция и увеличивается доля поглощенного магния, что способствует усилению солонцеватости всего профиля. Снижается величина pH и степень насыщенности основаниями. Бессиенные многолетние травы восстанавливают положительные свойства каштановых почв, тогда как бессиennyй пар существенно их ухудшает.

6.4. Солонцы

Анализ физико-химических свойств антропогенно-измененных химической мелиорацией солонцов носит иной характер, чем почв дернового процесса почвообразования. По И.Н. Антипову-Каратаеву (1953), отрицательные агрономические свойства солонцов обусловлены двумя группами собственно солонцовых

свойств: «агрофизиологической солонцеватостью» и «агрофизической солонцеватостью». Первая группа отрицательных свойств обусловлена высокой щелочностью почв и связанным с этим дефицитом ионов кальция в почвенном растворе. Вторая группа требует замены избытка поглощенного натрия солонцового горизонта почв другим катионами, вызывающими коагуляцию илистых частиц. Химическая мелиорация устраняет отрицательные свойства обеих групп и создает условия для нормального развития солеустойчивых сельскохозяйственных культур.

Как показали многочисленные исследования, однократное внесение гипса на солонцы продолжает действовать в течение длительного периода. При этом снижается щелочность почвы, улучшаются физико-химические свойства. В почвенном поглощающем комплексе солонцов уменьшается количество поглощенного натрия и возрастает содержание ионов кальция (Еремченко, 1997; Березин, 2005; Семендяева, Добротворская, 2005; Убогов и др., 2009 и др.).

О.З. Еремченко установлено, что на средних и мелких солонцах сульфатного засоления на фоне безотвальной обработки последствие химической мелиорации продолжается более 11 лет и около 8 — на отвальной; на глубоком гидрокарбонатном и корковом хлоридно-сульфатном солонцах — более 28 лет, а на среднем гидрокарбонатном — более 50 лет.

Длительные исследования Л.В. Березина (2005) в Омской области показали, что фосфогипс, внесенный в 1984 г., продолжает действовать и поныне. На 18-й год после гипсования (2002) средняя урожайность яровой пшеницы возросла почти в 3 раза по сравнению с контролем, тогда как после 10-летнего последствия — на 50 %, т. е. с годами действие разового внесения гипса в дозе 12 т/га не затухает, а более того, возрастает.

Наши исследования (Семендяева и др., 2002) проведенные в северной лесостепи Новосибирской области (АОЗТ «Кабинетное» Чулымского района) на корковых среденатриевых солонцах смешанного типа засоления, также свидетельствуют о длительном эффекте однократного внесения химических мелиорантов. Внесение гипса в производственных условиях проведено в 1986 г. на площади 100 га. Сыромолотый гипс из Пермской области внесен выборочно отрядом «Агропромхимия» согласно проектно-сметной документации на пятна солонцов в дозе от 20 до 30 т/га. Поле в течение всего периода использовалось в полевом севообороте.

Свойства солонцов перед мелиорацией были следующими: величина рН 7,2–8,9, емкость катионного обмена в пахотном слое 0–20 см — 39,1 мг-экв/100 г почвы; содержание обменного натрия — 27,3 % от ЕКО; гранулометрический состав — тяжелосуглинистый. Уровень залегания грунтовых вод колебался от 150 до 250 см, минерализация их составляла 1,5–2,0 г/л. Плотность почвы равнялась 1,56 г/см³. Мелиорированное поле обрабатывалось стойками СибИМЭ на глубину 18–20 см. Один раз в пять лет на поле вносили навоз в дозе 40–60 т/га.

После мелиорации на 15-й год действие одноразового внесения гипса сохранилось. На солонцах отсутствовала корка, плотность почв составляла 0,95–1,0 г/см³, общая пористость равнялась 65 %, содержание обменного натрия в пахотном слое — 0,85, в слое 20–40 см — 2,5, 40–60 см — 5,4 % от ЕКО. Величина рН находилась в пределах 7,0–7,2. Посевы были выравненными, а средняя урожайность сельскохозяйственных культур за годы наблюдений была следующей: силосных — в пределах 30,0, зерновых — 2,0–2,5 т/га. По свойствам и морфологическим признакам мелиорированные корковые и мелкие солонцы на 15-й год внесения мелиорантов приблизились к черноземно-луговым солонцевато-слабосолончаковым почвам и визуально практически не отличались от последних. Вторичного засоления обнаружено не было, хотя уровень залегания грунтовых вод за это время подвергался существенным колебаниям.

Такая же закономерность сохранилась на мелкоделяночных опытах на мало- и многонатриевых солонцах. При изучении их физико-химических свойств особое внимание было обращено на содержание в них натрия (Семендяева, Аверкина, 2009).

Многолетние наблюдения за динамикой содержания общего натрия (обменного и в водной вытяжке) показали, что при вовлечении солонцов в сельскохозяйственный оборот в контрольных вариантах даже без внесения гипса по всему почвенному профилю происходит заметное уменьшение его содержания (табл. 31). До закладки опыта максимум содержания $\text{Na}_{\text{общ}}$ в целинных многонатриевых солонцах (16,5 мг-экв/100 г почвы) был обнаружен в слое 0–20 см. С глубиной его количество уменьшалось, достигая в слое 80–100 см 6,6 мг-экв/100 г почвы. При сельскохозяйственном использовании в почве контрольного варианта происходило заметное уменьшение содержания $\text{Na}_{\text{общ}}$ по всему профилю как на второй (1987 г.), так и на восьмой (1993 г.) годы освоения со-

Таблица 31. Изменение содержания общего натрия в солонце многонариевом при 20-летнем последствии разных доз гипса, мг-экв / 100 г почвы

Доза гипса, т/га	Глубина, см	1985 г.*	1987 г.*		1993 г.*		2006 г.	
		перед закладкой опыта	1	2	1	2	1	2
Без гипса (контроль)	0–20	16,5	11,3	69	9,0	55	6,1	37
	20–40	15,0	10,8	72	8,6	57	13,0	89
	40–60	9,3	6,2	67	6,1	65	7,6	82
	60–80	7,4	4,9	66	4,0	54	5,4	73
	80–100	6,6	3,3	50	4,0	61	4,7	71
11	0–20	18,2	11,0	60	8,0	44	4,3	24
	20–40	14,6	12,7	87	9,6	65	4,3	29
	40–60	8,3	6,3	76	6,1	74	6,9	83
	60–80	6,3	3,8	60	4,0	64	5,9	94
	80–100	6,3	3,1	49	4,0	64	5,1	81
45	0–20	14,6	5,7	39	1,6	11	1,1	7,5
	20–40	16,3	11,8	72	1,8	11	1,9	12
	40–60	9,7	7,6	73	3,0	31	3,1	32
	60–80	7,1	4,5	63	4,5	63	4,0	56
	80–100	6,6	3,5	53	4,0	61	3,3	50
56	0–20	18,1	5,0	28	1,0	5,5	0,55	3,0
	20–40	14,1	11,6	82	1,8	13	0,99	7,0
	40–60	13,5	7,3	54	3,0	22	1,4	11
	60–80	8,1	4,4	54	4,5	56	2,3	28
	80–100	6,1	3,1	51	4,0	66	2,2	36

Примечание. 1 — мг-экв/100 г почвы; 2 — % от исходного.

* Данные за 1985, 1987 и 1993 гг. ранее опубликованы (Семендяева, Добротворская, 2005).

лонцов. После прекращения использования солонцов в пашне в течение 10 лет (до 2006 г.) содержание $\text{Na}_{\text{общ}}$ в контрольных вариантах постепенно увеличивалось, причем наибольшее его количество было отмечено в слое 20–40 см — 13,0 мг-экв/100 г почвы, количество обменного натрия постепенно восстанавливалось до исходного состояния.

Особо следует отметить, что ни в одном изученном слое почвы контрольного варианта содержание общего натрия не было меньше 3 мг-экв/100 г почвы. Ранее было установлено, что содержание натрия в ППК в количестве 2,5–3,0 мг-экв/100 г почвы является первопричиной формирования и сохранения солонцового профиля почв гидроморфного ряда (лугово-черноземных, черноземно-луговых и луговых). Решающим фактором на начальной стадии солонцеобразования в гидроморфных почвах является количество обменного натрия, затем на первое место выдвигается развитие иллювиального (солонцового) горизонта под воздействием природных факторов (Семендяева, 2002).

В середине прошлого столетия в почвоведении активно обсуждалась проблема состояния остаточного гипса при мелиорации. По мнению А.М. Можейко (1963), для солонцов Украины характерно хелатирование частиц гипса, внесенного в качестве мелиоранта, т. е. непрореагировавшие быстро с почвой частицы гипса покрываются тонкими пленками органоминеральных соединений, органические вещества в которых представлены в основном фульватами. Кристаллы гипса при этом становятся недоступными для обменных реакций.

Как свидетельствуют полученные нами данные и обсуждаемые результаты исследования, взаимодействие гипса с ППК солонцов длительное и постепенное. Хелатирования гипса не наблюдалось. В солонцах многонариевых через 20 лет после одноразового внесения 11 т/га гипса (1/4 часть расчетной нормы) содержание общего натрия уменьшалось по всему профилю почв до количества, характерного для контроля как в 1987, так и в 1993 гг. (табл. 31). Особо выделяются результаты 2006 г., когда было весьма заметным последствие от внесения четвертной дозы гипса (11 т/га) и содержание общего натрия уменьшилось в слое 20–40 см по сравнению с контролем. Отсутствие увеличения содержания натрия в слое 20–40 см свидетельствует о длительном мелиоративном действии гипса, однако этой дозы гипса недостаточно для прекращения развития солонцеобразования, что хорошо заметно по морфологии профиля мелиорированного солонца (Семендяева, Анашкина, 2007).

Действие полной (45 т/га) и повышенной (56 т/га) доз гипса выразилось в усиленном вытеснении натрия из ППК по всему почвенному профилю, причем, чем выше была доза мелиоранта, тем больше натрия вытеснялось. Например, в 2006 г. в варианте

с внесением гипса 45 т/га в слое 0–20 см содержалось $\text{Na}_{\text{общ}}$ на 100 г почвы 1,1 мг-экв, с внесением 56 т/га — 0,55 мг-экв /100 г, т.е. содержание натрия по профилю стало даже меньше критического (2,5–3,0 мг-экв /100 г), что свидетельствует о резком замедлении процесса солонцеобразования по всему профилю.

Кроме того, данные табл. 31 позволяют проследить за скоростью вытеснения $\text{Na}_{\text{общ}}$ как по годам, так и под влиянием различных доз гипса. В контрольном варианте при распашке солонцов происходило заметное постепенное уменьшение количества общего натрия в слое 0–20 см: на 2-й год после распахивания на 31, на 8-й год — на 45 % от исходного содержания. На 20-й год содержание общего натрия в слое 0–20 см продолжало уменьшаться (на 63 %), а в нижних горизонтах наблюдали существенное увеличение его содержания (особенно в слоях 20–40 и 40–60 см), что свидетельствует о восстановлении солонцового процесса.

Подобная закономерность была обнаружена и в варианте с четвертной (11 т/га) дозой гипса: в профиле почв на 20-й год после внесения гипса происходило увеличение содержания общего натрия в слое 40–100 см. В слоях 0–20 и 20–40 см этого варианта его содержание уменьшалось по сравнению с исходным на 76 и 71 % соответственно. Внесение высоких доз гипса способствовало вытеснению общего натрия из ППК не только в верхних (0–20 и 20–40 см) горизонтах, но и во всей метровой толще почвы.

Изменение содержания натрия в солонцах малонатриевых происходило иначе (табл. 32). Наблюдения прежних лет показали, что в контрольных вариантах солонцов малонатриевых одновременно с уменьшением количества обменного натрия увеличивалось содержание обменного магния, который поддерживает и сохраняет развитие солонцеобразовательного процесса (Панов, 1972), поэтому в профиле солонцов не было обнаружено заметных улучшений морфологических и физико-химических свойств почв, а также показателей их плодородия. Количество общего натрия в вариантах с одноразовым внесением гипса практически не увеличивалось, что свидетельствует о длительном мелиоративном действии гипса.

Солевой состав водных вытяжек из засоленных почв, в том числе и из солонцов, весьма динамичен как по годам, так и в течение вегетационного периода и зависит от погодных условий конкретного года, что было установлено нами ранее и нашло подтверждение в данном опыте.

Таблица 32. Изменение содержания общего натрия в корковых малонатриевых солонцах при длительном действии гипса, мг-экв/100 г почвы

Глубина, см	Год	Контроль (без гипса)	Дозы гипса, т/га			
			12	18	35	50
0-20	1982	5,7	5,0	4,5	4,2	6,0
	1987	3,3	1,5	1,4	2,2	1,0
	2006	1,0	0,1	0,65	0,43	0,0
20-40	1982	7,3	4,6	7,2	3,4	8,4
	1987	6,4	2,5	4,21	2,5	4,9
	2006	3,9	0,43	1,2	0,92	0,44

Таблица 33. Изменение содержания натрия в водной вытяжке малонатриевых солонцов при 25-летнем действии гипса, мг-экв/100 г почвы

Глубина, см	Год	Контроль (без гипса)	Дозы гипса, т/га			
			12	18	35	50
0-20	1987	1,2	0,49	0,30	0,55	0,53
	2006	0,3	0,12	0,47	0,11	0,00
20-40	1987	2,4	1,2	1,1	2,2	1,9
	2006	1,4	0,2	0,54	0,17	0,08
40-60	1987	2,6	1,5	1,3	2,4	2,2
	2006	1,2	0,40	0,47	0,25	0,13
60-80	1987	2,0	1,6	1,3	2,4	2
	2006	1,1	0,42	0,45	0,26	0,11
80-100	1987	2,1	1,6	1,4	2,3	1,8
	2006	1,7	0,8	0,7	0,45	0,1

Содержание водорастворимого натрия в профиле малонатриевых солонцов невелико в почве контрольного варианта и заметно уменьшается в почвах мелиорированных вариантов, которые на 25-й год действия гипса становились слабосолончаковыми, т.е. слабозасоленными (табл. 33). Содержание обменного натрия в слое 0–20 см контрольного варианта в 2006 г. составляло 0,66, а в почвах мелиорированных вариантов изменялось от 0,18 до 0,32 мг-экв/100 г почвы. Ранее мы придерживались точки зрения, что обменный натрий из ППК мелиорированных солонцов

Таблица 34. Содержание обменного натрия в корковых малонатриевых солонцах при длительном действии разных доз гипса, мг-экв/100 г почвы

Глубина, см	Без гипса (контроль)	Дозы гипса, т/га			
		12	18	35	50
0–20	0,66	0	0,18	0,32	0
20–40	2,2	0,23	0,09	0,26	0,36

не может быть вытеснен полностью. Некоторое его количество (около 1,5 мг-экв/100 г почвы) является пределом, до которого в почве возможны обменные реакции. Оставшееся количество обменного натрия жестко связано с поглощающим комплексом и слабо вступает в обменные реакции с мелиорантом (Семендяева, Добротворская, 2005).

Однако, как свидетельствуют полученные нами в настоящее время данные (табл. 34), процесс вытеснения обменного натрия постепенный и долговременный. На 25-й год действия гипса в малонатриевых солонцах практически весь обменный натрий оказался вытесненным мелиорантом, а в многонатриевых солонцах на 20-й год содержание обменного натрия уменьшилось ниже критического в вариантах внесения высоких доз гипса (45 и 56 т/га).

В 2007 г. был учтен урожай люцерны, полученный на многонатриевых солонцах. В контрольных вариантах всходов практически не было, а в вариантах с дозами гипса 45 и 56 т/га урожайность сена люцерны составила 67,9 и 78,1 ц/га соответственно.

Таким образом, однократное внесение гипса в корковые мало- и многонатриевые гидроморфные солонцы сохраняло мелиоративное действие в течение 20–25 лет.

При вовлечении солонцов корковых в сельскохозяйственный оборот без химической мелиорации в их почвенном поглощающем комплексе происходит уменьшение содержания натрия, однако неблагоприятные для выращивания сельскохозяйственных растений особенности этих почв сохраняются. Затем происходит постепенное увеличение содержания общего натрия в почвенном профиле до его первоначального количества. Четвертные от расчетной нормы дозы гипса оказывали слабое мелиоративное действие, и плодородие данных вариантов приближалось к таковому контрольных.

Вытеснение обменного натрия из почвенного поглощающего комплекса при мелиорации — процесс постепенный и долговре-

менный, продолжающийся в течение двух и более десятков лет. При внесении полной расчетной дозы гипса из почвенного поглощающего комплекса пахотного горизонта вытесняется практически весь обменный натрий, замещаясь кальцием мелиоранта. На малонатриевых солонцах вся 100-сантиметровая толща охвачена мелиорацией, тогда как на многонатриевом она проявлялась только в слое 0–60 см.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Антропогенное воздействие на свойства почв в различных почвенно-климатических зонах Западной Сибири различно. Оно определяется почвообразовательным процессом и прежде всего сказывается на морфологическом профиле почв. При сельскохозяйственном использовании верхняя часть почвенного профиля меняется вследствие формирования пахотного горизонта, который для окультуренных почв при сохранении зонального облика приобретает значение нового самостоятельного генетического горизонта, определяющего уровень почвенного плодородия, направленность и интенсивность почвообразовательного процесса.

Под действием агротехнических, мелиоративных приемов и систематического применения удобрений в дерново-подзолистых почвах увеличивается мощность гумусового слоя и всей почвенной толщи, охваченной почвообразованием. В зависимости от степени окультуренности произошла дифференциация горизонта $A_{\text{пах}}$ на подгоризонты. Чем выше степень окультуренности, тем данная дифференциация выражена слабее.

В антропогенно-измененном профиле усиливаются процессы оподзоливания и лессиважа, приводящие к визуальному увеличению оглеения горизонтов, хотя количественного накопления оксидов не обнаруживается. При систематическом применении минеральных удобрений морфологический профиль дерново-подзолистых почв изменяется незначительно по сравнению с контролем, а при совместном внесении органических и минеральных удобрений он изменяется существенно.

Дерновый почвообразовательный процесс, в результате которого формируются черноземы и каштановые почвы, более устойчив по сравнению с подзолообразовательным, и антропогенез

значительно меньше способствует изменению свойств данных почв. Основные изменения в морфологическом профиле проявляются в виде увеличения изменения мощности гумусового слоя, в выраженности, глубине залегания и мощности карбонатного.

При интенсивном использовании черноземов выщелоченных в орошаемых условиях в контроле (без удобрений) прослеживается уплотненность всего гумусового слоя, в горизонте $A_{\text{пах}}$ преобладает комковатая структура.

С глубиной комковатость и плотность усиливаются, снижается сопротивляемость почвы антропогенному фактору и в профиле прослеживается переуплотнение и коркообразование. Внесение минеральных удобрений снижает плотность почвы, появляются землеройки и дождевые черви, а совместное внесение минеральных и органических удобрений способствует появлению дождевых червей и созданию копролитовой структуры.

В полевых севооборотах на черноземах южных и каштановых почвах антропогенное воздействие также способствует некоторому изменению морфологического профиля, глубины залегания и мощности карбонатного слоя. Эти изменения усиливаются, если в севооборот включен чистый пар, в котором уровень залегания карбонатов наиболее высокий, что связано с большей испаряемостью с поверхности, не занятой растительностью. Многолетнее парование уменьшает мощность гумусового слоя почв из-за отсутствия поступления свежих порций органического вещества.

При вовлечении солонцов в пашню в профиле солонцов корковых формируется пахотный слой, состоящий из смеси горизонтов A_0 , A_1 и B_1 . В нем преобладает масса горизонта B_1 и профиль антропогенно-измененных солонцов приобретает вид $A_{\text{пах}} — B_2 — B_3 — BC$ и C . В залежном состоянии в распаханых немелиорированных солонцах начинает восстанавливаться иллювиальный (солонцовый) горизонт B_1 столбчато-ореховатой структуры, причем из пахотного коркового солонца формируется снова корковый солонец. Действие гипса сохраняется длительное время (более 20-25 лет). Эффект химической мелиорации отражается на всем морфологическом профиле солонцов и сохраняется в залежном состоянии. Корковые солонцы переходят по морфологическим признакам в тип луговых и черноземно-луговых почв различной степени солонцеватости и солончаковатости.

Гранулометрический состав является медленно изменяющимся свойством почв, однако сельскохозяйственное использова-

ние и применение удобрений в дерново-подзолистых супесчаных почвах усиливает процессы оподзоливания (элювиирования), которые выражаются в уменьшении илистых фракций (5,7 %) в гумусовом слое и соответственно в увеличении их (9,7 %) в нижних иллювиальных горизонтах. Применение удобрений усиливает этот процесс, и содержание илистой фракции возрастает в нижних горизонтах до 12–14 %. В черноземах и каштановых почвах даже при орошении существенных изменений в гранулометрическом составе не происходит.

При однократном внесении расчетной по методу Гедройца нормы гипса в профиле мелиорированных солонцов снизилось содержание илистой фракции и физической глины, уменьшился фактор дисперсности, что свидетельствует об улучшении их агрегатности.

Длительное сельскохозяйственное использование различных типов почв приводит к изменению их физико-химических свойств. В дерново-подзолистых почвах внесение минеральных удобрений в течение 59 лет увеличило степень кислотности гумусовых горизонтов до 5,8-5,3 мг-экв/100 г почвы, повысило содержание подвижного алюминия на 0,6 мг-экв/100 г почвы, уменьшило сумму поглощенных оснований на 3,7 мг-экв/100 г почвы по сравнению с контролем. Совместное внесение органических и минеральных удобрений сгладило эти негативные явления. Применение удобрений увеличило содержание гумуса на 0,3 %.

На черноземах и каштановых почвах внесение минеральных удобрений способствовало возрастанию степени кислотности почв. Совместное внесение органических и минеральных удобрений улучшило их физико-химические свойства.

Однократное внесение гипса на солонцы корковые мало- и многонатриевые постепенно снизило содержание обменного натрия и увеличило количество обменного кальция, что вызвало изменение направленности почвообразовательного процесса. При этом разрушилась столбчатая структура, образовалась комковато-зернистая и профиль мелиорированных солонцов приобрел облик почв дернового типа почвообразования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Абашев В.Д. Изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы при закладке дренажа и в поле-вом севообороте при разных дозах удобрений / В.Д. Абашев, М.И. Пономарева, Н.В. Котельникова // *Агрохимия*. — 2005. — № 2. — С. 15–20.

Абрамович Д.И. Воды Кулундинской степи. — Новосибирск, 1960. — 155 с.

Авдонин Н.С. Свойства почвы и урожай. — М.: Колос, 1965. — 272 с.

Авдонин Н.С. Повышение плодородия кислых почв. — М.: Колос, 1969. — 304 с.

Адерихин П.Г. Влияние удобрений на физико-химические свойства и фосфатный режим выщелоченного чернозема / П.Г.Адерихин, Е.П.Тихонова, Ю.Г. Чурилина // *Агрохимия*. — 1969. — № 5. — С. 55–58.

Адерихин П.Г. Изменение плодородия черноземов центрально-черноземной полосы при окультуривании // *Плодородие и мелиорация почв СССР*. — М.: Наука, 1964. — С. 236–238.

Алмазов Б.Н. Изменение продуктивности овощного севооборота и плодородия выщелоченного чернозема в зависимости от применения органических и минеральных удобрений / Б.Н.Алмазов, Л.Т. Холуяко // *Агрохимия*. — 1990. — № 3. — С. 51–56.

Алмазов Б.Н. Основные элементы системы удобрения овощных культур и картофеля в севообороте в условиях VII и VIII ротаций на слабовыщелоченном черноземе Алтая / Б.Н.Алмазов, Л.Т. Холуяко // *Агрохимия*. — 1993. — № 10. — С. 46–53.

Аникина А.П. Изменение агрохимических свойств черноземов левобережной части Приобского плато при орошении и систематическом применении минеральных удобрений / А.П. Аникина, Т.Н. Чернобай, В.П. Малков // *Агрохимия*, — 1988. — № 10. — С. 114–122.

Антипов-Каратаев И.Н. Вопросы происхождения и географического распространения солонцов // *Мелиорация солонцов в СССР*. — М.: АН СССР, 1953. — С. 11–26.

Антропогенная эволюция черноземов / Воронеж. гос. ун-т. — Воронеж, 2000. — 421 с.

Архипов С.А. Четвертичный период в Западной Сибири. — Новосибирск: Наука, 1971. — 332 с.

Атлас Новосибирской области / Федерал. служба геодезии и картографии России. — М.: Роскартография, 2002. — 56 с.

Атлас Омской области / Федерал. служба геодезии и картографии России. — М.; 1997. — 56 с.

Атлас Омской области / Федерал. служба геодезии и картографии России. — М.: Роскартография, 2002. — 56 с.

Афанасьев Н.А. Динамика почвенных процессов при антропогенной трансформации и образовании почв: автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Новосибирск, 1993. — 19 с.

Афанасьева Е.А. Черноземы Средне-Русской возвышенности. — М.: Наука, 1966. — 224 с.

Базилович Н.И. Геохимия почв содового засоления. — М.: Наука, 1965. — 350 с.

Байбеков Р.Ф. Влияние длительного применения высоких доз минеральных и органических удобрений на строение профиля дерново-подзолистой почвы / Р.Ф.Байбеков, Н.П.Панов, Е.Б. Скворцова, Е.Б. Есипова // Изв. ТСХА. — 1998. — Вып. 4. — С. 61–69.

Байбеков Р.Ф. Агроэкологическое состояние почв при длительном применении удобрений. — М.: ЦИНАО, 2003. — 192 с.

Байбеков Р.Ф. Влияние длительного применения удобрений на физические и биологические свойства дерново-подзолистых почв: автореф. дис. ...канд. биол. наук. — М., 1985. — 17 с.

Барсуков П.А. Последствия применения удобрений для окружающей среды (в условиях таежной зоны Западной Сибири) // Сиб. экол. журн., 1995. — № 1. — С. 73–87.

Беляков М.А. Влияние длительного систематического применения удобрений на урожайность и плодородие выщелоченного чернозема / М.А. Беляков Т.М. Столбова, В.И. Гладких // Аграрная наука — сельскому хозяйству. — Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. — Кн. 1. — С. 28–33.

Березин Л.В. Мелиорация и использование солонцов Сибири: монография. — Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005. — 208 с.

Богданов Н.И. Особенности почвенного покрова и эволюция почв Западной Сибири / ОмСХИ. — Омск, 1977. — 60 с.

Богданов Н.И. Черноземы и лугово-черноземные почвы Западно-Сибирской провинции: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — Новосибирск, 1976. — 40 с.

Брехова Л.И. Морфологические изменения профиля черноземов в условиях различного использования / Л.И.Брехова, Д.И.Щеглов // Материалы IV съезда Докучаев. о-ва. — Новосибирск, 2004. — Кн. 2. — С. 412.

Буянкин П.И. Агрофизика и кинетика в минимизации основной обработки черноземов / П.И. Буянкин, В.Н. Слесарев — Калининград: Янтар. сказ, 2004. — 106 с.

Вагина Т.А. Луга Барабы. — Новосибирск: РИО СО АН СССР, 1962. — 197 с.

Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв и грунтов / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. — М.: Высш. шк., 1973. — 398 с.

Вараксин А.В. Омский опытный хутор — начало сибирской сельскохозяйственной науки / А.В. Вараксин, Л.В. Катин-Ярцев — Омск: Ом. кн. изд-во, 1986. — 86 с.

Вдовин В.В. Основные этапы развития рельефа. — М.: Наука, 1976. — 270 с.

Вервайн О.Д. Итоги агротехнических исследований в условиях Нарымского края // Вклад НГСС в научное обеспечение АПК Сибири (история, результаты, проблемы, перспективы). — Томск, 2003. — С. 89–92.

Вильямс В.Ф. Почвоведение (земледелие с основами почвоведения). — М.: Гос. изд-во с.-х. лит. 1949. — 471 с.

Винокуров М.А. Влияние сельскохозяйственной деятельности человека на химико-морфологические черты черноземов лесостепной зоны Западной Сибири. — Омск, 1927. — 34 с.

Власенко А.Н. Состояние черноземов Западной Сибири / А.Н. Власенко, В.Н. Слесарев // Сиб. вестн. с.-х. науки. — 2004. — № 1. — С. 3–7.

Волков И.А. Позднечетвертичная субазральная формация. — М.: Наука, 1971. — 354 с.

Воронина Л.В. Динамика климатических условия и воздействие их на биогеоценозы / Л.В. Воронина, А.П. Сляднев, Г.М. Дзюба // Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы. — Новосибирск: Наука, 1976. — Т. 2: Биогеоценозотические процессы. — С. 15–39.

Гаврилюк Ф.Я. Черноземы Западного Предкавказья. — Харьков: Изд-во Харьк. гос. ун-та, 1955. — 145 с.

Гаджиев И.М. Почвы бассейна р. Большой Юган // Почвы средней тайги Западной Сибири. — Новосибирск: Наука, 1977. — С. 5–67.

Гаджиев И.М. Эволюция почв южной тайги Западной Сибири. — Новосибирск: Наука, 1982. — 280 с.

Галеев Р.Ф. Влияние уровня грунтовой воды на засоление и осолонцевание профиля солонца при химической мелиорации // Научн.-техн. бюл. / СибНИИЗХим СО РАСХН. — 1991. — Вып. 1. — С. 17–29.

Гамзиков Г.П. Изменение содержания гумуса в почвах в результате сельскохозяйственного использования / Г.П. Гамзиков, М.Н. Кулагина. — М., 1992. — 48 с.

Ганжара Н.Ф. Почвоведение. — М.: Агроконсалт, 2001. — 392 с.

Гарифуллин Ф.Ш. Роль окультуривания в эволюции почв. Вопросы генезиса, бонитировки и повышения плодородия почв Южного Урала и Среднего Поволжья. — Уфа, 1974. — С. 42–54.

Гаркуша И.Ф. К познанию эволюции дерново-подзолистых почв под влиянием окультуривания // Тр. Белорус. с.-х. академии. — 1959. — Т. 32, вып. 1. — С. 3–18.

Гедройц К.К. Солонцы, их происхождение, свойства и мелиорация // Избр. соч. — М., 1932. — Т. 1. — 141 с.

Гедройц К.К. Избранные сочинения. — М.: Сельхозгиз, 1955. — Т. 2. — 615 с.

Гедройц К.К. Почвенный поглощающий комплекс и почвенные поглощенные катионы как основа генетической почвенной классификации // Тр. Носов. с.-х. опытной станции. — Л., 1925. — Вып. 38. — С. 3–30.

Герасимов И.П. Учение В.В. Докучаева и современность. — М., 1986. — 140 с.

Герасимова М.И. Антропогенные почвы / М.И. Герасимова, М.Н. Строгонова, Н.В. Можаров, Т.В. Прокофьева. — Смоленск: Ойкумена, 2003. — 268 с.

Гладких В.И. Агротехника овощных культур / В.И. Гладких, С.М. Сирота; Алт. ун-т. — Барнаул, 2002. — 107 с.

Гнатовский В.М. Научные основы, перспектива и практика кулундинского земледелия / В.М. Гнатовский, Д.В. Пургин // Научные основы, перспектива и практика кулундинского земледелия. — Барнаул, 2005. — С. 7–12.

Гнатовский В.М. Влияние агрокомплекса по возделыванию зерновых культур на плодородие каштановых почв Кулундинской степи: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. — Омск, 1990. — 16 с.

Гнатовский В.М. Влияние зернопаровых севооборотов и элементов интенсивной технологии на содержание гумуса в каштановых почвах Кулунды // Производство сельскохозяйственных культур на интенсивной основе при почвозащитной системе земледелия в условиях Кулундинской степи / РАСХН. Сиб. отд-ние. Кулундин. СХОС. — Новосибирск, 1991. — С. 8–16.

Гнинеко Н.В. Некоторые аспекты эволюции черноземов при их длительном интенсивном сельскохозяйственном использовании / Н.В. Гнинеко, В.Е. Коваленко, В.И. Чабан, С.П. Клявзо // Почвоведение. — 1998. — № 6. — С. 732–738.

Гомонова Н.Ф. Влияние 25-летнего применения минеральных удобрений и извести на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы в метровом слое // Агрохимия. — 1980. — № 10. — С. 38–46.

Горшенин К.П. Почвы южной части Сибири (от Урала до Байкала). — М.: Изд-во АН СССР, 1955. — 591 с.

Григорьев Г.И. Диагностические показатели дерново-подзолистых почв равной степени окультуренности // Почвоведение. — 1960. — № 6. — С. 53–65.

Гринченко А.М. Особенности культурного почвообразовательного процесса черноземов УССР. / А.М. Гринченко, Г.Я. Чесняк, О.А. Чесняк // Научные основы рационального использования почв Черноземной зоны СССР и пути повышения их плодородия. — Кишинев, 1968. — С. 85–103.

Девярых В.А. Генетические особенности почв солонцового комплекса северо-западного Прикаспия (на примере Джанебекского стационара АН СССР): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. — М., 1970. — 18 с.

Добрецов Н.Л. Глобальные периодичности в эволюции литосферы и биосферы / Н.Л. Добрецов, Н.М. Чумаков // Глобальные изменения природной среды — 2001 / под ред. Н.Л. Добрецова, В.И. Коваленко. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, фил. «Гео», 2001. — С. 11–26.

Добровольский Г.В. Состояние, прогноз и повышение плодородия черноземов / Г.В. Добровольский, Л.Л. Шишов, А.П. Щербаков // Вестн. РАСХН. — 1992. — № 5. — С. 24–27.

Добровольский Г.В. Методологические аспекты истории развития почвоведения // Почвоведение. — 1987. — № 10. — С. 17–25.

Добротворская Н.И. Структура почвенного покрова в системе агроэкологической оценки земель в лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. — Барнаул. — 2009. — 40 с.

Докучаев В.В. Русский чернозем: Отчет ВЭО. — СПб.: Изд-во Вольн. экон. о-ва, 1883. — 376 с.

Докучаев В.В. Русский чернозем // Соч. — М.: Изд-во АН СССР, 1949. — Т. 1. — 495 с.

Дружинин Д.В. Влияние длительного применения удобрений и многолетних трав на свойства почв // Удобрение и урожай. — 1958. — № 1. — С. 8–14.

Егоров В.В. Теория и практика повышения плодородия почв. Значение почвенных исследований в решении продовольственной программы. — Тбилиси, 1981. — С. 3–15.

Еремченко О.З. Природно-антропогенные изменения солонцовых почв в Южном Зауралье. — Пермь, 1997. — 317 с.

Еремченко О.З. Химическая мелиорация солонцов Зауралья: автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Новосибирск, 1986. — 16 с.

Жандаров Б.В. Антропогенная трансформация каштановых почв зоны сухой степи Алтайского края: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. — Барнаул, 2000. — 19 с.

Жуков А.И. Регулирование баланса гумуса в почве / А.И. Жуков, П.Д. Попов // Рациональное использование органических удобрений. — М.: Росагропромиздат, 1988. — 40 с.

Жукова Л.М. Влияние систематического применения удобрений на физико-химические свойства различных почв // Влияние длительного применения удобрений на плодородие почв и продуктивность севооборота. — М.: Колос, 1980. — С. 41–55.

Зайцева Т.Ф. Химические и физико-химические состав и свойства орошаемых черноземов Приобья / Т.Ф. Зайцева, В.К. Морозков, Г.Ф. Коносов, Б.М. Кленов, С.И. Табаков // Черноземы: свойства и особенности орошения. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. — С. 73–99.

Земцов А.А. Рельеф и плейстоценовые отложения бассейна реки Кети / А.А. Земцов, Н.С. Евсеева // Вопросы географии Сибири. — 1983. — Вып. № 15. — С. 64–90.

Зенова Г.М. Сравнительный анализ различных систем удобрений и продолжительности их действия на комплекс почвенных актиномицетов и свойства дерново-подзолистой почвы / Г.М. Зенова, Н.Ф. Гомонова, Е.А. Малык, Д.Г. Звягинцева // Почвоведение. — 2001. — № 6. — С. 720–725.

Золотарева Б.Н. Изменение гумусового состояния черноземов и дерново-подзолистых почв при длительном сельскохозяйственном использовании / Б.Н. Золотарева, Т.С. Демкина, Л.М. Мироненко // Естественная и антропогенная эволюция почв. — Пущино, 1988. — С. 127–134.

Иванов А.И. Некоторые закономерности изменения кислотно-основного состояния дерново-подзолистых легкосуглинистых почв при сельскохозяйственном использовании //Агрохимия. — 2000. — № 10. — С. 28–33.

Ивченко В.К. Влияние систематического применения удобрений на агрохимические свойства чернозема выщелоченного Красноярской лесостепи: автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Новосибирск, 1982. — 16 с.

Ильин В.Б. Агрохимические свойства каштановых почв Кулундинской степи // Почвы Кулундинской степи. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1967. — С. 175–224.

Инишева Л.И. Торфяные ресурсы Томской области и их использование / Л.И. Инишева, В.С. Архипов, С.Г. Маслов, Л.С. Михантьева. — Новосибирск: РПО СО РАСХН, 1995. — 85 с.

Казанцев В.А. Проблемы педогалогенеза на примере Барабинской равнины. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1998. — 280 с.

Каличкин В.К. Современное состояние и свойства дерново-подзолистых почв Западной Сибири / В.К. Каличкин, В.Н. Шоба, И.Н. Минина // Сиб. вестн. с.-х. науки. — 1998. — № 1–2. — 8–12 с.

Караваева Н.А. Пахотные почвы нечерноземья: процессо-эволюционный подход к изучению / Н.А. Караваева, С.Н. Жариков, А.Е. Кончин // Почвоведение. — 1985. — № 11. — С. 114–125.

Караваева Н.А. Генетические особенности пахотных дерново-подзолистых почв как основа их диагностики и классификации / Н.А. Караваева, С.Н. Жариков, А.Е. Кончин // География и генезис антропогенно-измененных и естественных почв: науч. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева / РАСХН. — М., 1986. — С. 24–32.

Караваева Н.А. Опыт генетической интерпретации данных по водно-тепловому режиму естественных и агрогенных почв / Н.А. Караваева, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова, С.Н. Жариков // Почвоведение. — 1998. — № 9. — С. 1038–1048.

Качественная характеристика и культуртехническое состояние земель в Российской Федерации на 01.01.1996 г. — М.: Роскомзем, 1996. — 141 с.

Кенжегулова С.О. Влияние длительного применения удобрений на гранулометрический и агрегатный состав дерново-подзолистых почв Западной Сибири / С.О.Кенжегулова, Н.В. Семендяева // Современные тенденции развития АПК в России: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых Сиб. федерал. округа. — Красноярск, 2007. — С. 42–47.

Кенжегулова С.О. Изменение свойств различных типов почв Западной Сибири под влиянием длительного сельскохозяйственного использования: дис. ... канд. с.-х. наук. — Новосибирск, 2008. — 149 с.

Кирюшин В.И. Изменение содержания гумуса черноземов Сибири и Казахстана под влиянием сельскохозяйственного использования / В.И. Кирюшин, И.Н. Лебедева // Докл. ВАСХНИЛ. — 1984. — № 5. — С. 4–7.

Классификация и диагностика почв СССР (Черноземы). — М.: Колос, 1977. — С. 86–98.

Классификация и диагностика почв России. — Смоленск: Ойкумена, 2004. — 342 с.

Кленов Б.М. Устойчивость гумуса автоморфных почв Западной Сибири. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, фил. «Гео», 2000. — 176 с.

Ковалев Р.В. Почвенно-мелиоративное районирование южной части Обь-Иртышского междуречья / Р.В. Ковалев, П.С. Панин, В.П. Панфилов, С.Н. Селяков // Почвы Кулундинской степи / под ред. Р.В. Ковалева. — Новосибирск: Наука, 1967. — С. 5–77.

Ковда В.А. Советское почвоведение — на службе сельского хозяйства СССР. — Тбилиси, 1981. — 107 с.

Ковда В.А. Основы учения о почвах. — М.: Наука, 1973. — Кн. 2. — 468 с.

Козловский Ф.И. Современные естественные и антропогенные процессы эволюции почв. — М.: Наука, 1991. — 196 с.

Колесникова Г.К. Нарымской ГСС — 70 лет // Вклад НГСС в научное обеспечение АПК Сибири. 70-летию посвящается. — Томск, 2003. — С. 3–8.

Комов И.В. О мерах по предотвращению деградации почв России / И.В. Комов, Н.Ф. Лойко, А.А. Жиров // Почвоведение. — 1994. — № 10. — С. 5–9.

Константинов М.Д. Агробιοлогический метод мелиорации солонцов Южного Урала и Западной Сибири. — Новосибирск, 2000. — 360 с.

Королев В.А. Изменение основных показателей плодородия выщелоченных черноземов под влиянием удобрений / В.А. Королев, Л.Д. Стахурлова // Почвоведение. — 2004. — № 5. — С. 604–611.

Коссович П.С. Основы учения о почве. — М., 1911. — Ч. 2, вып. 1. — 264 с.

Костычев П.А. Почвы черноземной области России, их происхождение, состав и свойства. — СПб., 1886. — 215 с.

Кудзин Ю.К. В. Результаты 50-летнего сравнительного изучения навоза и минеральных удобрений в свекловичных севооборотах / Ю.К. Кудзин, С.В. Сухобрус // Д.Н. Прянишников и вопросы химизации земледелия. — М.: Колос, 1967. — С. 267–273.

Кузнецов К.А. Почвы опытного участка отдела агротехники Нарымской государственной селекционной станции // Тр. Том. ун-та. — Томск, 1952. — Т. 117. — С. 67–93.

Кузьмин М.И. Ритмы подземного кайнозоя и климатические вариации Азии по данным глубоководного бурения дна озера Байкал / М.И. Кузьмин, Е.Б. Карабанов, А.А. Прокопенко и др. // Глобальные изменения природной среды. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, фил. «Гео», 2001. — С. 146–159.

Кук Дж. У. Системы удобрения для получения максимальных урожаев. — М.: Колос, 1975. — 415 с.

Кулаковская Г.Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев. — Минск: Ураджай, 1978. — 272 с.

Кулебакин П.Г. Послойная обработка солонцов Барабинской низменности. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1981. — 149 с.

Кулешов М.Н. Использование извести и гипса для химической мелиорации и удобрения кислых почв: лекция. — Харьков: Изд-во Харьк. СХИ, 1980. — 38 с.

Куприянова Е.И. Водный баланс Западно-Сибирской равнины. — М.: Наука, 1967. — 64 с.

Лазарев А.А. О влиянии сельскохозяйственной культуры на свойства черноземов лесостепи. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1936. — 70 с.

Лапа В.В. Изменение плодородия дерново-подзолистых почв при систематическом применении удобрений / В.В. Лапа,

Н.Н. Ивахненко, Е.М. Лимантова // Почвоведение. — 2000. — № 3. — С. 340–345.

Лебедев И.Н. Влияние агротехнических приемов на содержание гумуса в черноземах Сибири и Казахстана // Проблемы гумуса в земледелии: тез. докл. всесоюз. совещ. — Новосибирск, 1985. — С. 34–36.

Левин Ф.И. Влияние механической обработки, полевых культур и удобрений на свойства дерново-подзолистых почв: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. — М.: Изд-во МГУ, 1965. — 98 с.

Левин Ф.И. Окультуривание подзолистых почв. — М.: Колос, — 1972. — 264 с.

Левин Ф.И. Количество растительных остатков в посевах полевых культур и его определение по урожаю основной продукции // Агрохимия. — 1977. — № 8. — С. 36–42.

Липкина Г.С. Влияние удобрений на физико-химические свойства легких дерново-подзолистых почв Мещерской низменности // Бюл. Всесоюз. ордена Трудового Красного Знамени НИИ удобрений и агропочвоведения им. Д.И. Прянишникова. — 1979. — № 47. — С. 24–34.

Лутинович И.С. Значение агротехнических показателей при оценке уровня плодородия / И.С. Лутинович, Т.Н. Кулаковская, Н.Н. Алексейчик // Тр. Белорус. НИИ почвоведения. — Минск: Урожай, 1964. — Вып. 3. — С. 3–17.

Львов Ю.А. Болотные ресурсы // Природные ресурсы Томской области. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. — С. 67–103.

Любимова И.Н. Агрогенно преобразованные почвы солонцовых комплексов сухостепной и полупустынной зон: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. — М., 2003. — 48 с.

Магаева Л.А. Мелиорируемая толща почв и пород Приобья: строение и особенности функционирования. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, фил. «Гео», 2000. — 111 с.

Медведев В.В. Физико-химические свойства черноземов / В.В. Медведев, П.Г. Адерихин, Ф.Я. Гаврилюк, Г.Я. Чесняк // Русский чернозем — 100 лет после Докучаева. — М.: Наука, 1983. — С. 214–227.

Медведев В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов. — М.: Агропромиздат, 1988. — 157 с.

Минеев В.Г. Устойчивость созданного длительным применением агрохимических средств плодородия дерново-подзоли-

стой почвы / В.Г. Минеев, Н.Ф. Гомонова, М.Ф. Овчинникова // Агрохимия. — 2003. — № 2. — С. 5–9.

Минеев В.Г. Действие и последствие удобрений на плодородие дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы / В.Г. Минеев, Н.Ф. Гомонова // Агрохимия. — 2005. — № 1. — С. 5–13.

Минеев В.Г. Влияние длительного применения удобрений на гумус почвы и урожай культур / В.Г. Минеев, Л.К. Шевцова // Агрохимия. — 1978. — № 7. — С. 134–141.

Минеев В.Г. Устойчивость созданного длительным применением агрохимических средств плодородия дерново-подзолистой почвы / В.Г. Минеев, Н.Ф. Гомонова, М.Ф. Овчинникова // Агрохимия. — 2003. — № 2. — С. 5–9.

Можейко А.М. Солонцовые почвы южной части Среднего Приднестровья и их культурное состояние: дис. ... д-ра с.-х. наук. — Харьков, 1963. — 460 с.

Моисеенко Ф.В. Влияние длительного применения удобрений на физические свойства дерново-подзолистой песчаной почвы // Ф.В. Моисеенко, И.М. Белоус / Почвоведение. — 1997. — № 11. — С. 1310–1312.

Морковкин Г.Г. Антропогенная трансформация почвообразования и плодородия черноземов в системе агроценозов (на примере степной зоны Алтайского края): автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. — Барнаул, 2000. — 39 с.

Муравьев А.Г. Оценка экологического состояния почв: практ. рук-во / А.Г. Муравьев, Б.Б. Каррыев, А.Р. Ляндзберг. — СПб., 1999. — 159 с.

Муха В.Д. Почвообразовательный процесс и окультуривание почв: лекция / Харьк. ин-т им. В.В. Докучаева. — Харьков, 1979. — 48 с.

Муха В.Д. Макро- и микроморфологические признаки почв и культурное почвообразование // Бюл. почв. ин-та ВАСХНИЛ. — 1981. — № 28. — С. 16.

Муха В.Д. Основные характеристики культурной эволюции почв // Естественная и антропогенная эволюция почв: сб. тр.— Пушкино, 1988. — С. 100–107.

Муха В.Д. Агропочвоведение / В.Д. Муха, Н.Т. Картамышев, И.С. Кочетов. — М.: Колос, 1994. — 528 с.

Муха В.Д. Антропогенная эволюция и экологическое состояние черноземов типичных при окультуривании длительным при-

менением удобрений / В.Д. Муха, И.И. Филон // Науч. тр. Кур. ГСХА. — Курск: Изд-во КГСХА, 1996. — Т. 9. — С. 73–82.

Муха В.Д. Изменение физико-химических свойств чернозема типичного при его длительном сельскохозяйственном использовании / В.Д. Муха, В.И. Лазарев // Агрохимия. — 2003. — № 1. — С. 5–7.

Муха В.Д. Естественнo-антропогенная эволюция почв. — М.: Колос, 2004. — 271 с.

Мязин Н.Г. Влияние применения удобрений и мелиорантов на показатели почвенного плодородия // Агрохимия. — 1997. — № 2. — С. 26–30.

Назаренко П.Н. Эффективность чистого, занятого и сидерального паров при выращивании зерновых культур в Кулунде // Производство сельскохозяйственных культур на интенсивной основе при почвозащитной системе земледелия в условиях Кулундинской степи / РАСХН. Сиб. отд-ние, Кулундин. СХОС. — Новосибирск, 1991. — С. 16–25.

Нестеров А.А. Эффективность сочетания известкования с минеральными удобрениями на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. — М.: ВНИИ удобрений и агропочвоведения, 2000. — 18 с.

Неуструев С.С. О географических циклах в Сибири в послетретичное время // Почвоведение. — 1925. — № 3. — С. 5–27.

Никитин Б.А. Окультуривание пахотных почв Нечерноземья и регулирование их плодородия. — Л.: Агропромиздат, 1986. — 277 с.

Никитин Б.А. Эволюция дерново-подзолистых, серых лесных и черноземных почв при земледельческом использовании // Естественная и антропогенная эволюция почв: сб. тр. — Пушкино, 1988. — С. 116–122.

Новикова А.Н. Засоленные почвы, их распространение в мире, окультуривание и вопросы экологии. — Харьков, 2004. — 120 с.

Носко Б.С. Влияние длительного применения удобрений и орошения на подвижность органического вещества в черноземе типичном мощном Левобережной лесостепи УССР // Сб. науч. тр. Харьк. с.-х. ин-та. — Харьков, 1984. — Т. 299. — С. 73–77.

Панин П.С. Гидрохимический сток и интенсивность засоления почв Западной Сибири // Особенности мелиорации земель

Западной Сибири. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979. — С. 141–169.

Панкова Е.И. Засоленные почвы России / Е.И. Панкова, Л.А. Воробьева, И.М. Гаджиев и др. — М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. — 854 с.

Панов Н.П. Особенности генезиса почв солонцовых комплексов степной зоны: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. — М., 1972. — 36 с.

Панов Н.П. Плодородие дерново-подзолистых почв при длительном применении удобрений / Н.П. Панов, М.В. Стратонович, Р.Ф. Байбеков // Вестн. с.-х. науки. — 1986. — № 3. — С. 25–29.

Панфилов В.П. Физические свойства и водный режим почв Кулундинской степи. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1973. — 258 с.

Пестряков В.К. Окультуривание почв Северо-Запада. — М.: Колос, 1977. — 343 с.

Пироговская Г.В. Влияние различных систем удобрения на изменение минеральной части дерново-подзолистой песчаной почвы / Г.В. Пироговская, С.Д. Астапова, А.Ф. Санько // Почвоведение. — 2004. — № 1. — С. 92–103.

Полевой определитель почв / под ред. Н.И. Полупана. — Киев: Урожай, 1981. — 320 с.

Половицкий И.Я. Минералогическая характеристика илистой фракции солонцов Северного Казахстана / И.Я. Половицкий, В.П. Стрельченко, В.М. Володин // Почвоведение. — 1969. — № 6. — С. 107–113.

Почвенно-климатический атлас Новосибирской области. — Новосибирск: Наука, 1978. — 121 с.

Почвенный покров и земельные ресурсы Российской Федерации / Л.Л. Шишов, Н.В. Комов, А.З. Родин и др. — М., 2001. — 258 с.

Почвы Новосибирской области / под ред. Р.В. Ковалева. — Новосибирск: Наука, 1966. — 422 с.

Практикум по почвоведению / под ред. И.С. Кауричева. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Колос, 1980. — 272 с.

Практикум по агрохимии: учеб. пособие / под ред. В.Г. Минеева. — М.: Изд-во МГУ, 2001. — 689 с.

Равнины и горы Сибири. — М.: Наука, 1975. — 352 с.

Реестр длительных стационарных полевых опытов государственных научных учреждений Сибирского отделения

Россельхозакадемии /сост. Л.Ф. Ашмарина, А.И. Ермохина, Т.А. Галактионова. — Новосибирск, 2009. — 285 с.

Рихтер Г.Д. Рельеф и геологическое строение Западной Сибири // Природные условия и естественные ресурсы СССР. — М.: Изд-во АН СССР, 1963. — С. 19–70.

Розанов Б.Г. Морфология почв: учеб. для студентов вузов по спец. «Почвоведение»/ Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. — М.: Академ. проект, 2004. — 431 с.

Рубинштейн М.И. К вопросу о скорости разложения органического вещества целинных черноземов Северного Казахстана при их освоении // Почвоведение. — 1959. — № 11. — С. 89–92.

Самойлов Т.Н. Влияние систематического применения удобрений на изменение свойств почв Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. — Барнаул, 1970. — 20 с.

Семендяева Н.В. Химическая мелиорация гидроморфных солонцов Западной Сибири // Почвоведение. — 1998. — № 8. — С. 974–979.

Семендяева Н.В. Природно-антропогенные изменения свойств солонцов северной лесостепи Западной Сибири / Н.В. Семендяева, В.Г. Шелонько, А.В. Шелонько // Материалы регион. науч. студенч. конф., посвящ. 65-летию НГАУ. — Новосибирск, 2002. — С. 46–47.

Семендяева Н.В. Теоретические и практические аспекты химической мелиорации солонцов Западной Сибири / Н.В. Семендяева, Н.И. Добротворская. — Новосибирск, 2005. — 156 с.

Семендяева Н.В. Трансформация генетического профиля солонцов Барабинской низменности при длительном действии гипса / Н.В. Семендяева, Е.А. Анашкина // Сиб. вестн. с.-х. науки. — 2007. — № 8. — С. 5–11.

Семендяева Н.В. Влияние длительного систематического применения удобрений на гранулометрический и агрегатный состав черноземов выщелоченных Приобья / Н.В. Семендяева, С.О. Кенжегулова // Вестн. науки Казах. агротехн. ун-та им. С. Сейфуллина. — 2007. — № 3 (46). — С. 23–30.

Семендяева Н.В. Изменение некоторых свойств солонцов Барабинской низменности при 20–25-летнем действии гипса // Почвоведение. — 2009. — № 8. — С. 970–976.

Семендяева Н.В. Длительное действие гипса на содержание натрия в солонцах северной лесостепи Западной Сибири /

Н.В. Семендяева, С.С. Аверкина // *Агрохимия*. — 2009. — № 4. — С. 55–59.

Семендяева Н.В. Изучение почв в поле: учеб.-метод. пособие / Н.В. Семендяева, Л.П. Галева, А.Н. Мармулев; Новосиб. гос. аграр. ун-т. — 2-е изд., доп. и перераб. — Новосибирск, 2009. — 61 с.

Семендяева Н.В. Морфологические изменения профиля и свойств каштановых почв Кулундинской степи в условиях различного использования / Н.В. Семендяева, С.О. Кенжегулова // *Сиб. вестн. с.-х. науки*. — 2009. — № 5. — С. 21–27.

Семендяева Н.В. Влияние длительного применения удобрений на свойства дерново-подзолистой почвы таежной зоны Западной Сибири // *Агрохимия*. — 2010. — № 3. — С. 3–11.

Сибирцев Н.М. Избранные сочинения. — М.: Сельхозгиз, — Т. 1, 1957. — 345 с.

Синягин И.И. Агротехнические условия высокой эффективности удобрений. — М.: Россельхозиздат, 1980. — 222 с.

Сляднев А.П. Агроклиматические ресурсы Барабы // Вопросы мелиорации Барабинской низменности. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1970. — С. 20–41.

Сляднев А.П. О проблемах почвенной климатологии в Западной Сибири // Докл. сиб. почвоведов к X Междунар. конгр. почвоведов. — Новосибирск: Наука, 1974. — С. 54–71.

Сляднев А.П. Циклические изменения агроклиматических условий в южных широтах Западной Сибири и продуктивность зерновых культур // *Природные ресурсы Сибири*. — Новосибирск: Наука, 1976. — С. 153–168.

Соколовский А.Н. Почвоведение и агрохимия: избр. тр. — Киев: Урожай, 1954. — 369 с.

Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. — Новосибирск, 2004. — 162 с.

Сысо А.И. Закономерности распространения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. — 277 с.

Танасиенко А.А. Специфика эрозии почв Сибири — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. — 173 с.

Трофимов С.С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области. — Новосибирск: Наука, 1975. — 300 с.

Турсина Т.В. Основы микроморфологического анализа пористости почв / Турсина Т.В., Е.Б. Скворцова, Е.В. Кулинская, М.П. Грачева // Почвоведение. — 1985. — № 4. — С. 94–97.

Тюменцев Н.Ф. Почвы Нарымской государственной селекционной станции / Н.Ф. Тюменцев, Т.М. Южакова // Тр. Нарым. гос. селекц. станции. — Колпашево, 1972. — Вып. 6. — С. 7–55.

Убогов В.И. Агроэкологическая оценка, свойства и мелиорация солонцов Омской области / В.И. Убогов, В.Е. Кушнаренко, Ю.А. Азаренко — Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2009. — 107 с.

Угланов И.Н. Мелиорируемая толща почв и пород Западной Сибири. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1981. — 192 с.

Фатьянов А.С. Почвоведение / А.С. Фатьянов, С.Н. Тайчинов — М.: Колос, 1972. — 479 с.

Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. — М.: Мысль, 1972. — 423 с.

Хмелев В.А. Лессовые черноземы Западной Сибири. — Новосибирск: Наука, 1989. — 201 с.

Хмелев В.А. Агроэкологические основы землепользования в Томской области / В.А. Хмелев, В.К. Каличкин, В.Г. Азаренко, Н.Н. Шипилин. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. — 255 с.

Хмелев В.А. Черноземы Новосибирской области, проблемы их рационального использования и охраны / В.А. Хмелев, А.А. Танасиенко // Сиб. экол. журн. — 2009. — № 2. — С. 151–164.

Храмцов И.Ф. Гумусное состояние чернозема выщелоченного при длительном применении удобрений / И.Ф. Храмцов, Е.В. Безвиконный // Агрохимия. — 1998. — № 4. — С. 25–28.

Храмцов И.Ф. Эффективность минеральных и органических удобрений на черноземных почвах Западной Сибири / И.Ф. Храмцов, Н.А. Воронкова // Сиб. вестн. с.-х. науки. — 2005. — № 3. — С. 3–9.

Цыбулька Н.И. Влияние удобрений на структурное состояние дерново-подзолистой почвы, подверженной водной эрозии, и урожайность сельскохозяйственных культур / Н.И. Цыбулька, И.И. Жукова, А.В. Юхновец // Агрохимия. — 2005. — № 6. — С. 19–25.

Чеботарев Н.Т. Влияние длительного внесения удобрений на плодородие подзолистой почвы и продуктивность куль-

тур в кормовом севообороте / Н.Т. Чеботарев, В.И. Ермолина, В.М. Кормановская // *Агрохимия*. — 2005. — № 4. — С. 5–9.

Чесняк Г.Я. Развитие культурного почвообразовательного процесса в черноземе мощном Лесостепи УССР // *Тр. Харьк. с.-х. ин-та*. — Т. 185. — 1973. — С. 13–38.

Шамрай Л.А. Влияние баланса азота после первой ротации севооборота на содержание гумуса в почве // *Проблема гумуса в земледелии: тез. докл. Всесоюз. совещ.* — Новосибирск, 1985. — С. 106.

Шаповалов В.П. Агрохимические особенности черноземов Северной Кулунды // *Почвы Кулундинской степи*. — Новосибирск: Наука Сиб. отд-ние, 1963. — С. 148–174.

Шишов Л.Л. Почвенный покров и земельные ресурсы Российской Федерации / Л.Л. Шишов, Н.В. Комов, А.З. Родин и др. — М., 2001. — 258 с.

Шконде Э.И. Изменение физических свойств почвы при длительном применении минеральных удобрений / Э.И. Шконде, З.К. Благовещенская. — М., 1982. — 51 с.

Щеглов Д.И. Черноземы центра Русской равнины и эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов. — М.: Наука, 1999. — 214 с.

Щербаков А.В. Экологические проблемы плодородия почв Центральной черноземной области (к 100-летию особой экспедиции В.В. Докучаева) / А.В. Щербаков, И.И. Васенев // *Почвоведение*. — 1994. — № 8. — С. 83–96.

Яковлев В.Х. Повышение плодородия и продуктивности солонцов Западной Сибири. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. — 131 с.

Kobe V. Neunzig Jahre «Ewiger Roggenbau» Zhaer / V. Kobe, H. Stumpe // *Archiv*. — Berlin, 1969. — S. 933–949.

Kundler P. Die wichtigsten Aussagen der Dauerversuche zur Erholung Bodenfruchtbarkeit // *Tadunsber. Akad. landwirtschaftswiss. DDR*. — 1982. — № 205. — S. 5–16.

Semendyaeva N.V. Changes in some properties of solonchets of the Baraba lowland 20–25 years after yunsum application // *Eurasian soil science*. — 2009. — Vol. 42, № 8. — P. 902–908.

Volker V. Mehrjähriger Einfluss von Bearbeitungs. — Dündungs und Truchtfolgemaßnahmen auf die Humusdynamik / V. Volker, V.Y. Muller, W. Heisig // *Archiv*. — Acker und Pflanzenbau und Bodenkunde. — 1980. — Bd. 24. — S. 107–114.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Краткая история изучения агротехнического воздействия на свойства почв.....	7
1.1. Свойства антропогенно-измененных дерново-подзолистых почв.....	7
1.2. Изменение свойств черноземов выщелоченных при сельскохозяйственном использовании	14
1.3. Изменение свойств южных черноземов и каштановых почв под влиянием сельскохозяйственного использования	24
1.4. Изменение свойств солонцов при мелиорации и сельскохозяйственном использовании.....	25
2. Природные условия формирования почвенного покрова юга Западной Сибири	29
2.1. Географическое положение, геологическое строение и рельеф поверхности юга Западной Сибири	29
2.2. Особенности климата	36
2.3. Поверхностные, грунтовые и подземные воды	40
2.4. Растительный покров	42
2.5. Почвообразующие породы	44
2.6. Почвенный покров, его состав и использование	45
3. Объекты и методы исследований	47
4. Антропогенное воздействие на морфологический профиль разных типов почв.....	57
4.1. Дерново-подзолистые почвы	58
4.2. Черноземы Западной Сибири	65
4.2.1. Черноземы выщелоченные	67
4.2.2. Черноземы южные	76
4.3. Каштановые почвы	79
4.4. Солонцы.....	82
5. Изменение гранулометрического и микроагрегатного состава различных типов почв при сельскохозяйственном использовании	87
5.1. Дерново-подзолистые почвы	88
5.2. Черноземы	93
5.2.1. Черноземы выщелоченные	93
5.2.2. Черноземы южные	99
5.3. Каштановые почвы	101
5.4. Солонцы.....	104
6. Влияние антропогенного воздействия на физико-химические свойства различных типов почв	110
6.1. Дерново-подзолистые почвы	112

6.2. Черноземы	120
6.2.1. Черноземы выщелоченные.....	120
6.2.2. Черноземы выщелоченные Новосибирского Приобья (Новосибирская область, Ордынский район, ОПХ «Боровское»).....	126
6.2.3. Черноземы южные (Северо-Кулундинская опытная станция)	131
6.3. Каштановые почвы	134
6.4. Солонцы.....	139
Заключение	147
Библиографический список	150

Семендяева Нина Вячеславовна

**ВЛИЯНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
НА СВОЙСТВА ПОЧВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Редактор *Т.К. Коробкова*
Компьютерная верстка *Т.В. Соболева*

Подписано в печать 25 мая 2011 г.
Формат 60х84 $\frac{1}{16}$. 10,0 уч. изд. л. 10,4 усл.-печ. л. Тираж 100 экз.
Изд. № 144. Заказ № 279.

Отпечатано в издательстве
Новосибирского государственного аграрного университета
630039, РФ, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, каб. 106.
Тел./факс (383) 267-09-10. E-mail: 2134539@mail.ru