

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Алтайский государственный аграрный университет»

На правах рукописи

Латышева Ольга Анатольевна

**ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
НАЗНАЧЕНИЯ СУХОСТЕПНОЙ КУЛУНДЫ
(АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ)**

06.01.02 – Мелиорация, рекультивация и охрана земель

Диссертация

на соискание учёной степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель

доктор сельскохозяйственных наук,

доцент Татаринцев Владимир Леонидович

Барнаул 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОХРАНЫ ЗЕМЕЛЬ	7
1.1. Теоретические положения охраны земель	7
1.2. Методологические аспекты охраны земель сельскохозяйственного назначения	14
ГЛАВА 2. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМПОНЕНТОВ СУХОСТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ ЗАПАДНОЙ КУЛУНДЫ	23
2.1. Физико-географический очерк	23
2.2. Оценка агроклиматических условий сухой степи	26
2.3. Оценка геологических условий и рельефа	41
2.4. Агроландшафты сухостепной Кулунды и их агроэкологическая оценка	46
ГЛАВА 3. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАШТАНОВЫХ ПОЧВ СУХОСТЕПНОЙ КУЛУНДЫ	58
3.1. Почвы сухостепной Кулунды	58
3.2. Оценка агрофизических свойств почв	61
3.3. Оценка гидрофизических свойств почв	71
3.4. Оценка эрозии и дефляции почв	77
3.5. Агроэкологическая модель эффективного плодородия каштановых почв	85
ГЛАВА 4. ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ АГРОЛАНДШАФТОВ И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОХРАНЫ ЗЕМЕЛЬ	92
4.1. Агроэкологическое зонирование территории сухостепной Кулунды	92
4.2. Оптимизация структуры агроландшафтов сухостепной Кулунды	100
4.3. Оптимизация структуры посевных площадей	105
4.4. Агроэкологические типы земель и мероприятий по их охране	109

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	114
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	118

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований. Основным условием решения проблемы охраны земель является придание устойчивого развития всем объектам природной среды. Оптимизация природной среды сводится к поиску сбалансированного соотношения между эксплуатацией экосистем (рациональным использованием естественных ресурсов), их охраной и целенаправленным преобразованием. Так как сельскохозяйственная деятельность человека осуществляется в границах целостных природных образований – ландшафтов, преобразованных в процессе использования в агроландшафты, последние становятся объектом охраны, а не его отдельные элементы, части.

Организация охраны земель осуществляется на основе оптимизации агроландшафтов и организации устойчивых агроэкосистем. Основные принципы оптимизации агроландшафтов и организации агроэкосистем хорошо освещены в агроэкологической науке. Однако эта проблема требует дальнейших научных проработок в сфере дифференциации комплекса мероприятий по географическим районам страны, в том числе по природным зонам Алтайского края. Особого внимания заслуживает сухостепная Кулунда, в которой наиболее экстремальные условия сельскохозяйственного производства и наименее устойчивые природные комплексы - ландшафты. Поэтому проблема, исследуемая в настоящей работе, является актуальной и весьма необходимой для агроэкологического обоснования использования агроландшафтов и разработки теоретических основ сохранения земель сельскохозяйственного назначения как антропогенного компонента геосистем.

Цель и задачи исследования. Агроэкологическое обоснование комплекса мероприятий по охране земель сельскохозяйственного назначения сухой степи Алтайского края.

Задачи исследования:

- 1) оценить агроэкологическую роль физико-географических условий сухой степи;

- 2) дать комплексную агроэкологическую оценку состояния сухостепных ландшафтов;
- 3) провести агроэкологическое зонирование сухостепной Кулунды;
- 4) предложить пути оптимизации агроландшафтов и решения задач охраны земель сухостепной Кулунды.

Научная новизна исследования. Впервые проведена комплексная агроэкологическая оценка земель сельскохозяйственного назначения сухостепной Кулунды и определено их агроэкологическое состояние с учетом степени дефлированности почв и динамики почвенно-агроклиматических параметров эффективного плодородия. Впервые сделана оценка устойчивости агроландшафтов сухостепной Кулунды, проведено агроэкологическое зонирование территории сухостепной Кулунды и предложены модели сельскохозяйственного землепользования, обеспечивающие устойчивое функционирование агроландшафтов и сельскохозяйственного производства.

Практическая значимость работы. Построена модель эффективного плодородия каштановых почв для яровой пшеницы, установлены агроэкологические ограничения использования этих почв в пашне и предложены мероприятия по снижению влияния лимитирующих (ограничивающих) факторов на урожайность зерна яровой пшеницы. На основе научного анализа и оценки устойчивости агроландшафтов показаны пути решения задач охраны природно-хозяйственных территориальных комплексов. Организация охраны природных территорий строится путём совершенствования соотношения структурных элементов агроландшафта, изменения структуры посевных площадей, структуры севооборотов, применения агромелиоративных мероприятий (химическая, лесо- и фитомелиорация).

Результаты исследования применяются при проведении практических занятий по дисциплинам «Управление земельными ресурсами», «Землеустроительное проектирование», при выполнении учебно-исследовательских работ и курсовых проектов, выполняемых студентами, обучающимися по направлению «Землеустройство и кадастры».

Защищаемые положения:

- агроэкологическое состояние земель сухой степи определяется геолого-геоморфологическими особенностями и биоклиматическим потенциалом территории;
- сложность комплекса мероприятий по охране земель сельскохозяйственного назначения зависит от их агроэкологического состояния, природно- и антропогеннообусловленных факторов, влияющих на устойчивость агроландшафтов и уровень сельскохозяйственного производства.

Апробация работы. Материалы диссертационного исследования докладывались на XV Всероссийской научно-практической конференции «Основные принципы развития землеустройства и кадастров» (Новочеркасск, 2017), и на внутри вузовских и внутри факультетских конференциях научно-педагогического состава.

Личный вклад автора. Сбор исходных данных, их структуризация, обработка, обсуждение результатов исследований и написание диссертационной работы.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 5 работы, в том числе 4 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 133 страницах и содержит 15 рисунков и 38 таблиц, состоит из введения, четырех глав (обзорная часть, описание объекта исследования и двух глав основной части), выводов, списка литературы. Список литературы включает 187 источников, в том числе 21 на иностранном языке.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность научному руководителю доктору сельскохозяйственных наук, доценту В.Л. Татаринцеву за помощь в обработке материалов и подготовке работы, а также доктору биологических наук, профессору Л.М. Татаринцеву, чьи советы были так необходимы в процессе написания диссертации. Также хотелось выразить

благодарность кандидату сельскохозяйственных наук, доценту П.А. Мягкому за помощь в оформлении диссертации.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОХРАНЫ ЗЕМЕЛЬ

1.1. Теоретические положения охраны земель

Решение проблемы охраны земель сельскохозяйственного назначения строится на основе агроэкологической оценки свойств земель. Теория и методология агроэкологической оценки земель и их последующей группировки по характеру использования разработана в рамках научной дисциплины, получившей название «Агроэкология». «Агроэкология – это комплексная научная дисциплина, изучающая взаимодействие человека с окружающей средой в процессе сельскохозяйственного производства, влияние сельского хозяйства на природные комплексы (ландшафты) и их компоненты, взаимодействие между компонентами агроэкосистем и специфику круговорота в них веществ, перенос энергии, характер функционирования агроэкосистем в условиях техногенных нагрузок» [7, стр. 6].

Цели агроэкологии:

- обеспечить устойчивое производство качественной биологической продукции;
- максимально использовать природный биоэнергетический потенциал агроэкосистем;
- сохранить и обеспечить воспроизводство природно-ресурсной базы аграрного сектора;
- исключить (или минимизировать) негативное воздействие на окружающую природную среду.

Достижение целей агроэкологии опирается на знание факториальной экологии [94, 124, 7, 8], из которой известно, что все живые организмы, населяющие землю, взаимодействуя между собой, всецело зависят от природной окружающей среды и постоянно испытывают на себе её воздействие. Часть

природной среды, окружающую живые организмы, с которой они взаимодействуют, называют средой обитания. «Совокупность необходимых организмам элементов среды, с которыми они находятся в неразрывном единстве и без которых существовать не могут, называют условиями существования, или условиями жизни» [7, стр. 19]. В экологии [94] условия жизни называются экологическими факторами.

В агроэкологии широко применяют классификацию экологических факторов по происхождению: абиотические, биотические и антропогенные (агрогенные, техногенные). Последние обусловлены влиянием человека на окружающую среду.

К абиотическим факторам относят:

- климатические – свет, тепло, воздух (его состав и движение – ветер), влага, включая атмосферные осадки в разных формах, влажность воздуха и почвы и др.);
- эдафические или почвенно-грунтовые (гранулометрический и химический составы почв и грунтов, их физические свойства);
- орографические (условия рельефа).

Агроэкологическую роль этих факторов рассмотрим в следующей главе.

Все организмы, испытывая действие экологических факторов, реагируют на изменяющиеся условия и поддерживают известное динамическое равновесие, или гомеостаз [124]. При одних состояниях экологических факторов процессы проходят более продуктивно, при других – менее продуктивно. Для каждого организма (в том числе сельскохозяйственных растений) существует степень благоприятности экологического фактора, оптимальная для роста, существования и размножения.

Зависимость действия экологического фактора от его интенсивности называется валентностью экологического фактора и определяет степень адаптированности вида (рисунок 1).

Рисунок показывает, что срединная зона является биологическим оптимумом, где интенсивность факторов наиболее благоприятна для

функционирования организма. По обе стороны от зоны оптимума биологическая активность постепенно снижается, пока, наконец, экологические факторы станут невозможными для существования организма.



Рисунок 1 – Зависимость действия экологического фактора от его интенсивности (по Степановских, 2003)

Способность к адаптации определяется экологической пластичностью вида [94], или способностью функционировать в широком диапазоне изменения фактора. Сложность действия экологических факторов заключается в том, что в окружающей среде факторы никогда не действуют по отдельности, а всегда комплексно. В связи с этим оптимальная зона и пределы выносливости организма по отношению к тому или иному фактору могут заметно смещаться (влево или вправо) в зависимости от того, в каком сочетании и с какой силой одновременно действуют другие факторы.

При управлении продуктивностью сельскохозяйственных растений, на первых порах, пытались определить ведущие и сопутствующие факторы и влиять на них с целью получения большей эффективности. Затем выяснилось, что в совокупном влиянии факторов выделяются факторы, которые сильнее всего ограничивают успешность жизни растений и их продуктивность. Такие факторы

получили название «лимитирующих». Ю. Либих (1840) сформулировал «закон минимума», который касается успешности роста и урожайности сельскохозяйственных культур.

Кроме того, все живые организмы занимают определённое место в пространстве. В каждой точке пространства содержатся ресурсы, которые организмам необходимо освоить. Поэтому при управлении урожайностью сельскохозяйственных культур на конкретных территориях приходится учитывать экологические факторы – солнечную энергию, водный режим почв, режим питания и др. При этом необходимо добиться оптимального сочетания всех факторов (их качественных значений), обуславливающих процессы формирования урожая и служащие основой для создания моделей высокопродуктивных агроценозов. Проектированию высокопродуктивных агроценозов предшествует большая работа по агроэкологической оценке земель. Задача такой оценки заключается в выявлении территориальных единиц, характеризующихся однородностью природных условий.

Агроэкологическая оценка земель позволяет выявить проблемные агроэкологические ситуации сельскохозяйственного землепользования. В частности, антропогенные изменения почв приводят к частичному ограничению их функционального качества и агроэкологического состояния [14, 7, 29, 26]. Антропогенные изменения подтверждаются большими агрогенными потерями запаса гумуса и доступных форм питательных элементов, снижением потенциала ресурсно-агрохимических функций [22, 18, 39, 73, 147 и др.]. Широко распространена агрогенная деградация почвенно-поглощающего комплекса [104].

Разрушение почвенной структуры и переуплотнение верхних горизонтов пахотных почв нарушает их гидрофизические функции, способность запасать и экономно расходовать значительные объёмы продуктивной влаги для растений [80, 147, 187]. При этом возрастает поверхностный сток и смыв [73, 96, 111, 127, 151 и др.]. В результате развивается ускоренная эрозия и агрогенное иссушение пахотных почв [126].

Вследствие этого качественно ухудшаются основные агрофизические и технологические функции, возрастает сопротивление при обработке, ухудшается работа уборочной техники, увеличиваются удельные затраты топлива и износ машин, уменьшаются нормы выработки [120, 137, 131, 132, 133, 134, 160, и др.].

Наряду с ухудшением качества пахотных почв и снижением эффективности выполнения почвой основных агроэкологических функций в большинстве стран (Россия не исключение) наблюдается сокращение удельной площади земель, пригодных для сельскохозяйственного использования. Эти процессы заставляют современное общество и отдельных сельхозтоваропроизводителей внимательно относиться к вопросам агроэкологической оценки почв (земель), повышения эффективности их использования и минимизации неблагоприятного воздействия на них [62, 64, 73, 128, 135, 136, 138 и др.].

Разрабатываемые системы агроэкологической оценки земель широко используются при решении различных задач. Впервые это началось с агропроизводственных оценок условно однородных земель. В последние годы материалы агроэкологической и эколого-экономической оценок стали более актуальными при детальном анализе пространственного разнообразия почв и земель, их агрогенной динамике, конструировании моделей землепользования. Системы агроэкологической оценки земель и технологий сельскохозяйственного землепользования весьма необходимы для создания и развития ландшафтно-адаптивных систем земледелия, решения проблем охраны почв.

В конце XX века получили развитие различные концепции формирования систем земледелия [6, 11, 24, 48, 45, 46, 58, 59, 60, 57, 61, 63, 68, 69, 95, 74, 77, 106, 156, 157, 158]. Однако окончательного решения задачи формирования систем земледелия с учётом определённых природных и социально-экономических факторов не найдено. Некоторые авторы [155] видят решение этой задачи путём создания систем информационно-методического обеспечения агроэкологической оценки земель на трёх уровнях: федеральном, региональном и локальном.

Аналогичные попытки создания систем земледелия ведутся и в Алтайском крае. Большой вклад в разработку систем земледелия внесли А.Н. Каштанов [56],

В.Е. Мусохранов [89, 90, 91], В.В. Вольнов [33, 34], Н.В. Яшутин и др. [164, 165, 166]. В «Концепции рационального использования земель сельскохозяйственного назначения Алтайского края в современных условиях» (1998) коллективом известных в России учёных (Л.М. Бурлакова, С.И. Грибов, Ю.Н. Акуленко, Н.В. Яшутин, В.И. Бивалькевич и др.) разработаны естественно-научные принципы рационального использования земель сельскохозяйственного назначения, среди которых следует выделить принципы противоэрозионной организации территории и формирование почвоводоохраных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. На страницах 407-409 Концепции излагается новая доктрина и агротехнологии использования почв.

Концептуальные основы и первичная нормативная база разработки и проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия разработаны группой известных учёных из головных институтов Россельхозакадемии и ряда сельскохозяйственных вузов России [5, 60, 61, 62, 78, 85, 88, и др.].

Каркасной основой систем земледелия нового уровня является адаптивно-ландшафтное землеустройство [155]. Из большого списка научных источников, приведённых выше, следует, что система земледелия должна быть адаптирована к соответствующим условиям ландшафта.

Адаптивно-ландшафтное землеустройство предусматривает:

- агроэкологическую типизацию земель на основе агроэкологической оценки по лимитирующим факторам и ресурсам почвенного плодородия, тепла, влаги и потенциала развития деградационных процессов;
- функционально-целевую типизацию земель с оптимизацией соотношения угодий и структуры посевных площадей: опыт такой работы представлен в публикациях Л.М. Татаринцева и соавторов [148, 141, 142, 143, 149];
- формирование природоохранной инфраструктуры агроландшафта;
- уточнение специализации сельскохозяйственной организации и схемы размещения основных культур и севооборотов по её территории на базе комплексного анализа природно-экономических ресурсов и повышения эффективности их использования.

Технологическими элементами адаптивно-ландшафтных систем земледелия должны быть:

- адаптированное к местным условиям агроландшафта и дифференцированное по территории хозяйства агроэкологическое регламентирование агротехногенных нагрузок на почвы рабочих участков;
- адаптивный подбор культур, сортов и севооборотов, технологий возделывания культур к агроэкологическим особенностям земель;
- рациональные, с точки зрения экологии и экономики, элементы биологизации земледелия и применения гибких агротехнологий;
- консервация и мелиорация деградированных земель, экологическая стабилизация и повышение устойчивости проблемных ареалов агроландшафта [155, стр. 19-20].

По мнению ряда учёных [57, 155] следующим этапом развития и пространственно-временной детализации и дифференциации базовых элементов адаптивно-ландшафтного земледелия является прецизионное, или точное земледелие. Оно основано на автоматизированном регулировании дифференцированных (в пределах поля) норм высева, доз применения агрохимикатов, варьирующих параметров других технологических операций. Прецизионное земледелие позволяет экономить минеральные удобрения, средства защиты растений и мелиорации земель, повышать эффективность использования сельскохозяйственной техники и уровень экологической безопасности земледелия [2, 28, 50]. Прецизионное земледелие повышает рентабельность растениеводства и позволяет улучшить социально-экономическое состояние сельских регионов.

В Северной Америке и странах ЕЭС налажено производство зерноуборочных комбайнов с автоматизированным учетом урожайности и составлением электронных карт урожайности на убираемое поле, разработаны программные продукты для компьютерного анализа лимитирующих факторов урожайности и формирования электронных карт дифференцированного применения агротехнологий [155, стр. 15].

По большому счёту прецизионное земледелие требует проведения комплексного анализа достоверных данных по реальной динамике погодных условий и развития растений, их текущих и прогнозируемых потребностей в элементах питания и защиты – в соответствии с особенностями конкретного земельного участка, полученных в процессе агроэкологического мониторинга [36, 30, 66].

Любая система агроэкологической оценки земель и землепользования всегда строится на основе выбора правильно установленного набора основных диагностических показателей функционального качества земель и их экологического состояния. В следующем разделе остановимся на понятии «качество почв и сельскохозяйственных земель», методах определения и оценки качества земель.

1.2. Методологические аспекты охраны земель сельскохозяйственного назначения

Из выше изложенного следует, что оценка качества почв и земель позволяет решать задачи управления земельными ресурсами и организовать рациональное и эффективное землепользование в сельском хозяйстве. Определение и оценка качества почв и земель всегда привлекала пристальное внимание исследователей и практиков почвоведения и землепользования самого различного плана (почвоведов, эрозиоведов, мелиораторов, земледелов, географов, землеустроителей, экономистов и др.).

Обострение агроэкологических проблем природопользования и качества окружающей среды привело к актуализации методологических вопросов определения и оценки качества почв и земель, их соответствия современным и будущим запросам общества, уровню развития науки и технологических возможностей практики [5, 63, 65, 98, 170, 178, 182 и др].

Создание и внедрение в практику сельского хозяйства современных адаптивных систем земледелия на ландшафтной основе нацелено на повышение

устойчивости и рентабельности земледелия с учетом местных особенностей почвенного покрова, агроэкологического качества земель, агроклиматических и социально-экономических условий [63, 74, 78, 85].

Развитие систем земледелия потребовало разработки новых теоретических основ, эколого-экономических критериев и методических подходов для оценки качества почвенно-экологических ресурсов и совершенствования их использования в земледелии [5, 63, 88, 123 и др.].

Поскольку почва является базовым структурно-функциональным компонентом общего понятия земли и землепользования [125], то понятия «качество почв» и «качество земель» очень близки. Зарубежные авторы [172, 174, 175, 176, 180, 183, 181 и др.] под качеством земель (почвы) понимают «комплексную характеристику земли (почвы), которая определённым образом влияет на возможность (и уровень) выполнения ими (землём, почвой) конкретной функции их (земли, почвы) использования».

Перечень почвенных агроэкологических функций включает наиболее комплексные функции общего агроэкологического качества земель, их плодородие – продуктивность [64, 84, 83, 82, 174, 175, 179, 180] и более детальных агрофизических, гидрофизических, санитарно-экологических [12, 35, 49, 150, 178, 185, 186, 187 и др.]. Так как перечень почвенных агроэкологических функций достаточно велик, то при их анализе используются различные методики, специализированные тематические и региональные стандарты данных (частных почвенных или земельных характеристик и их оценок).

Чем больше детализация оцениваемых функций, тем большее значение приобретают региональные особенности почв, своеобразие конкретного природно-хозяйственного ландшафта, эколого-географическое положение и агроэкологическое состояние земель – степень варьирования устойчивых и лабильных характеристик, отклонения их от оптимальных значений [25, 65, 84, 167, 168, 169, 177, 184]. В свете концепции адаптивно-ландшафтного землепользования любые оценки почв и земель становятся функционально-экологическими [26, 63, 85, 171, 177].

Приведённый выше список научно-методических работ дает возможность понять, что существующая система функционально-экологических оценок почв, земель и землепользования позволяет решать широкий спектр прикладных задач. А.Л. Черногоров с соавторами [155] выделяли три больших группы функционально-экологических моделей оценки. Основная часть таких оценок направлена на решение конкретных экологических проблем с количественной оценкой проблемных ситуаций [12, 176, 185, 186]. Другая нацелена на оценку эффективности применения почвозащитных или реабилитационных технологий улучшения функционально-экологического качества почв [38, 40, 87, 172]. Наконец, третья – на информационное обеспечение управленческих решений в области рационального землепользования (по снижению его экологических рисков и/или повышению экономической эффективности) [84, 179].

Во всех случаях важна комбинированная оценка количественных критериев физического и экономического соответствия земель различным вариантам и технологиям их использования. Комбинированная оценка обычно строится на основе «рамочных рекомендаций» ФАО [170, 171, 173, 179, 182, 180, 185].

Информационно-методическая основа включает:

- требования районированных культур и сортов;
- количественный анализ влияния основных лимитирующих факторов на продукционный процесс и относительную урожайность культур;
- районированные технологические карты по основным сельскохозяйственным культурам с выделением обязательных и вспомогательных операций;
- рациональная (минимально-достаточная) система цен на готовую продукцию и основных затрат.

Исследования по агроэкологической оценке почв и земель находятся в стадии активных методологических и нормативно-методических разработок. При этом внимание исследователей обращается на базовые почвенные характеристики и морфогенетические свойства почв, провинциально-генетическую и структурно-функциональную дифференциацию почвенного покрова и ландшафта, основные процессы и последствия многолетней антропогенной динамики почв.

Приоритетными прикладными задачами современной агроэкологической оценки земель являются создание специализированных региональных и локальных почвенно-агроэкологических геоинформационных систем, нацеленных на оптимизацию земледелия.

Почвенно-агроэкологические ГИС должны служить надёжной научно-информационной основой для управления уровнем плодородия используемых в сельском хозяйстве почв, разработки современных систем земледелия на ландшафтной основе и программ устойчивого развития сельскохозяйственных регионов страны [154]. Одной из первоочередных прикладных задач является разработка почвенно-агроэкологических карт, широко используемых на практике.

Агроэкологическое качество пахотных земель оценивается по набору агроэкологических функций – путём последовательного анализа основных диагностических показателей сравниваемых функций, включая базовые показатели основных физических, химических и биотических параметров почв: органического вещества, биогенных элементов, реакции среды, структурного состояния и сложения почв, содержания и доступности воды и др. При этом анализе используются различные методические подходы, а также специализированные тематические или районированные стандарты данных (частных почвенных или земельных характеристик и их оценок). Анализ функциональной оценки делается сразу по нескольким агроэкологическим функциям (фактором оценки).

Агроэкологическими факторами оценки являются:

- агрохимическая функция (обеспечение сельскохозяйственных растений доступными формами элементов питания);
- гидрофизическая функция (обеспечение сельскохозяйственных культур доступной влагой);
- агрофизическая функция (поддержание устойчивого плодородия пахотных почв и земель);
- другие функции (санитарно-экологическая, геоэкохимическая).

При оценке агроэкологических факторов важно учитывать, что они зависят от провинциально-генетического разнообразия почв, своеобразия и неоднородности конкретного агроландшафта, эколого-географического положения и эколого-функционального состояния земель, степени отклонения их устойчивых и лабильных характеристик от оптимальных значений в пределах рассматриваемой функции. В современных системах агроэкологической оценки земель большое внимание уделяется количественному анализу их устойчивости к деградации и загрязнению, которая связана с поддержанием заданных параметров физико-химического состояния почв, гидрологического режима, биологического разнообразия и т.д. Для количественной оценки устойчивости земель к деградации необходим дифференцированный анализ системы «воздействие – изменение» или комбинированный расчёт затрат на поддержание и/или восстановление утраченных агроэкологических функций.

Агрономическая устойчивость показателей производительности или функциональности определяется по данным устойчивости (или коэффициенту вариации) урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности пастбищ, качества продукции, экономических параметров производства.

Процесс агроэкологической оценки почв и земель включает пять этапов оценки:

- определение целевого набора анализируемых функциональных, технологических и экономических качеств почв и земель;
- определение набора реально доступных основных диагностических показателей почв и земель;
- выбор рациональных шкал ранжирования используемых основных диагностических показателей;
- разработка эффективного алгоритма анализа модели оценки;
- учёт известных закономерностей провинциально-генетического разнообразия почв, пространственного варьирования почвенных характеристик и местных особенностей структуры почвенного покрова, соответствующих масштабу и объектам анализа.

По мнению И.И. Васенёва, В.И. Кирюшина [25], И.И. Васенёва и А.В. Бузылёва [26] система агроэкологической оценки может иметь четыре уровня адаптации оценки к природным, технологическим и экологическим особенностям конкретного региона, хозяйства и земельного участка.

На федеральном уровне агроэкологической оценки земель решаются принципиальные методологические и технологические вопросы оценки [5]. Исходную информационно-методическую (и картографическую) основу федерального уровня агроэкологической оценки земель составляют существующие системы почвенно-географического [42] и природно-сельскохозяйственного районирования [108] и обзорные карты почвенно-эрозионного, почвенно-мелиоративного районирования и другие.

На региональном уровне агроэкологической оценки земель решаются соответствующие научно-методические и геоинформационно-аналитические задачи. Наибольшую ценность представляют региональные ГИС агроэкологической оценки земель, которые предусматривают возможности оперативной визуализации получаемых результатов оценки в виде тематических или синтетических электронных картосхем основных факторов и параметров агроэкологического состояния земель. Картосхемы облегчают их оперативную интерпретацию для сравнительного анализа и проектирования систем земледелия и землепользования.

На локальном уровне агроэкологической оценки земель (район, хозяйство, поле) концентрируется вся необходимая информация для их функционально-экологической оценки с учётом особенностей конкретного агроландшафта и специализации сельхозтоваропроизводителей для решения оптимизационных задач проектирования агротехнологий и систем земледелия. Исходной информацией служат материалы почвенного обследования и центров агрохимического обследования. Использование почвенных карт и агрохимических картограмм существенно облегчает проведение качественной агроэкологической оценки сельскохозяйственной организации для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

При анализе внутрипольной пестроты агроэкологического качества земель следует учитывать довольно высокий уровень пространственно-временной изменчивости параметров почв [22, 114, 115, 146], сложную организацию литолого-геоморфологического каркаса. Результатом является очень высокое внутрипольное варьирование урожайности в условиях однородного фона текущего года.

Информационно-методическое обеспечение почвенно-агро-экологической оценки внутри поля включает [154]:

- анализ основных закономерностей пестроты урожайности в пределах поля в различных почвенно-агроэкологических условиях (зоны, регион, район, организация);
- исследование труднорегулируемых факторов пестроты урожайности (рост и развитие растений, их стрессовые состояния, вредители и болезни, режимы и динамические показатели агроэкологического качества почв);
- геоинформационное моделирование внутрипольного варьирования урожайности и основных агроэкологических факторов её формирования;
- формирование детальных агроэкологических требований основных зональных культур на основных фазах их развития в условиях данного вида агроландшафта;
- разработку алгоритмов и нормативов агроэкологической оценки земель для формирования территориально дифференцированных агротехнологических карт;
- разработку рационально дифференцированных приёмов (норм, доз, действующего вещества, единиц) применения агротехнологий для снижения варьирования урожайности, непроизводительных потерь и экологического ущерба ландшафта.

Основными факторами внутрипольного варьирования урожайности являются крутизна склонов, мощность гумусовых горизонтов, глубина выщелачивания карбонатов, запасы продуктивной влаги, содержание питательных элементов. Агрогенное воздействие сопровождается потерей гумуса,

уплотнением, изменением структурного состояния, гидрологического режима, снижением агроэкологического качества почв в целом. При сравнительной оценке лимитирующих факторов плодородия необходим детальный анализ геоморфологических и почвенных особенностей, предоставленных для хозяйственной деятельности земель. Это позволяет выявлять реальные факторы, лимитирующие урожай и более рационально применять агротехнологии оптимизации земледелия [27, 29, 30].

Двадцатилетний зарубежный опыт конструктивного анализа детальной изменчивости почв при оптимизации нарезки полей и расчётах дифференцированных в пределах поля доз удобрений и мелиорантов показал высокую эффективность в снижении затрат (–12-18 %) и повышении рентабельности (+15-30 %) интенсивных технологий [154].

Среди агрохимических параметров агроэкологического состояния почв традиционно выделяют содержание, запасы и качество гумуса, значения рН, содержание и запасы доступных форм основных элементов питания (NPK) со шкалами оценки.

Базовым параметром агрофизического состояния почв является их гранулометрический состав. Основным количественным показателем физического состояния почв является их плотность сложения, определяющая их пористость, условия водного и воздушного режима. К агротехнологическим свойствам почв относятся пластичность, липкость, набухание, усадка, связность, твёрдость и сопротивление при обработке. Эти свойства сильно зависят от очень динамичной характеристики – влажности [159]. К основным водно-физическим свойствам относятся влагоёмкость и водопроницаемость почв. Оценка влагообеспеченности проводится по запасам продуктивной влаги в слоях 0-20 и 0-100 см весной и перед посевом озимых. Оценка водопроницаемости в условиях впитывания дождевых вод имеет большое значение для прогнозирования эрозии.

Оценка устойчивости плодородия пахотных почв и земель проводится по степени эродированности (смытости, дефлированности). При оценке эродированности почв определяются:

- тип эрозии (водная, ветровая, смешанная или совместная);
- форма проявления (плоскостная, линейная);
- степень фактической эродированности (слабая, средняя, сильная);
- фактическая интенсивность эрозии (по величине твёрдого стока).

При оценке фитосанитарно-экологического состояния земель традиционно учитывают засорённость, заражённость участка болезнями и вредителями культур.

В систему базовых показателей оценки агроклиматических особенностей земель входят показатели освещённости, термических условий, влагообеспеченности, ветрового режима и условий перезимовки.

Важнейшими агроэкологическими характеристиками рельефа, которыми обусловлены микроклиматические, агротехнологические и геохимические особенности земель, размер бокового стока и проявление эрозии, являются крутизна, форма, экспозиция, длина и расчленённость склонов.

Таким образом, агроэкологическая оценка земель позволяет определить их агроэкологическое состояние, уровни которого становятся основой для выделения агроэкологических групп сельскохозяйственных земель. Выделенные агроэкологически однородные территории (типы, виды земель) используются при составлении ограничений в использовании земель, разработке комплексов по охране земель, учитывающих их агроэкологическое состояние и требования растений к условиям жизни (экологическим факторам).

В последующих главах покажем, как можно применять материалы агроэкологической оценки сельскохозяйственных земель в разработке комплексов по охране земель и природных ресурсов, используемых в аграрном секторе экономики сухостепной Кулунды Алтайского края.

ГЛАВА 2. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМПОНЕНТОВ СУХОСТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ ЗАПАДНОЙ КУЛУНДЫ

2.1. Физико-географический очерк

Согласно физико-географическому районированию Алтайского края [17, 31] исследуемая территория (рисунок 2) входит в Кулундинскую провинцию, расположенную на крайнем западе Алтайского края, в пределах которой выделена Западно-Кулундинская подпровинция.

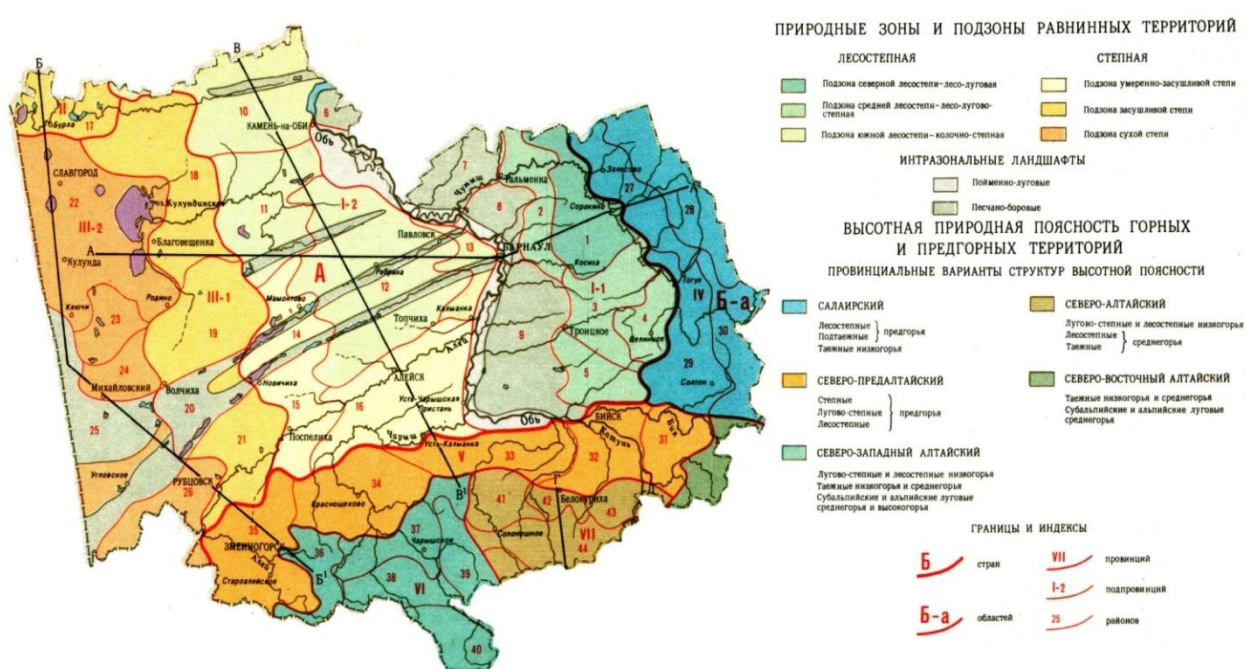


Рисунок 2 – Физико-географическое районирование Алтайского края [17]

В границах подпровинции выделяется пять физико-географических районов: Кулундинско-Яровой, Каипский, Баскаимский, Шалдайско-Песчаноборский и Бельгагашский (таблица 1).

Кулундинско-Яровой физико-географический район охватывает половину территории Западно-Кулундинской подпровинции. В пределах этого района находится южная часть Бурлинского административного района, Славгородский, Немецкий национальный, Табунский, Кулундинский районы, юго-запад Благовещенского района, северо-западные части Ключевского и Родинского районов.

Таблица 1 – Доля видов ландшафтов по физико-географическим районам сухостепной Кулунды

Физико-географические районы	Ландшафты						
	14	22	31	32	36	43	А
Кулундинско-Яровой	–	–	74	–	6	9	11
Каипский	–	–	38	–	40	15	3
Баскаимский	79	–	21	–	–	–	3
Шалдайско-Песчаноборский	–	60	9	9	–	6	2
Бельгагашский	72	–	15	7	–	–	2

Примечание: номера ландшафтов, их характеристика дана по тексту в настоящем разделе

На территории физико-географического района господствуют (74 % площади района) низменные дренированные сухостепные плоские древнеаллювиальные песчаные и супесчаные равнины на тёмно-каштановых и каштановых почвах (31). В прошлом эти территории были заняты типчаково-ковыльными степями, в настоящее время они повсеместно распаханы.

Кроме того, 6 % территории описываемого района занимают низинные слабодренированные (полугидроморфные) солонцово-степные низкие супесчано-суглинистые озёрные и речные территории на тёмно-каштановых и каштановых солонцеватых почвах (частично распаханых) в комплексе с солонцами степными (36). Еще 9 % сухостепных ландшафтов занимают низинные недренированные (гидроморфные) лугово-солонцово-солончаковые низкие озёрные и речные супесчано-суглинистые террасы с галофитно-злаковыми лугами, полынными и солянковыми сообществами на луговых солончаках и солонцах (43). Эти ландшафты в основном располагаются вокруг солёных озёр, среди которых находятся и самые крупные – Кулундинское, Кучукское, Большое и Малое Яровое. На долю акватории озёр (А) приходится 11 % территории Кулундинско-Ярового физико-географического района.

В Каипском физико-географическом районе, который включает основную часть Ключевского административного района и северо-западную часть Михайловского района, выделены те же ландшафты, что и в северной части провинции, но соотношение ландшафтов существенно различается. В частности древнеаллювиальные песчаные и супесчаные равнины (31) занимают только 38 %

территории района [91, 92]. Доля слабодренированных (полугидроморфных) солонцово-степных террас выросла с 6 % до 40 % (36) от площади района. Также в этом районе шире распространены недренированные (гидроморфные) лугово-солонцово-солончаковые террасы (15 % территории) (43).

Южные районы подпровинции (Баскаимский и Бельгагашский), включающие Михайловский административный район, Угловский, северо-западную и западную части Рубцовского района, образованы более сложными ландшафтными сопряжениями [92], в которых участвуют на 70-80 % сухостепные пологоувалистые лёссовые плато с типчаково-ковылково-красноковыльными степями на тёмно-каштановых и каштановых почвах повсеместно распаханых (14). Плоские древнеаллювиальные песчаные и супесчаные равнины (31) занимают 15-21 % площади описываемых районов. В Бельгагашском физико-географическом районе выявлены низменные дренированные слабосхолмленные перевеиванием песчано-аллювиальные террасы с псаммофитно-разнотравно-песчано-ковыльными степями на слабосформированных каштановых почвах (32). Этот ландшафт занимает около 7 % территории района.

По Касмалинской и Барнаульской ложбинам древнего стока в Западно-Кулундинскую подпровинцию проникли низменные дренированные лесные интразональные дюнно-котловинные и полого-грядовые перевеиванные песчаные древнеаллювиальные равнины и дельты древних ложбин стока с сосновыми остепнёнными лесами на слабосформировавшихся дерново-слабоподзолистых почвах (22). Эти природные образования вошли в состав Шалдайско-Песчаноборского физико-географического района, занимая 60 % территории района. В комплексе с ними встречаются все выше перечисленные сухостепные ландшафты (31, 32, 43).

Все степные территории Западно-Кулундинской подпровинции распаханы и превращены в агроландшафты с полезащитными лесными полосами. Галофитно-степные и лугово-степные комплексы используются как естественные кормовые угодья. Степные сосновые боры играют важную почвозащитную и водоохранную роль и отнесены к I категории лесов (защитные).

2.2. Оценка агроклиматических условий сухой степи

Сведения о климатических особенностях юго-востока Западной Сибири содержатся в научных работах В.С. Вериги, Л.А. Разумовой [32], В.С. Мезенцева, И.В. Карнацевич [80], В.В. Орловой [96]; А.П. Сляднева [120, 121]; А.М. Шульгина [160, 161], а также в «Агроклиматическом справочнике по Алтайскому краю» [4], «Агроклиматических ресурсах Алтайского края» [3], «Атласе» [17].

На климат Алтайского края оказывают влияние солнечная радиация, циркуляция атмосферы и характер подстилающей породы. В результате циклонической деятельности Алтайский край испытывает влияние Атлантического океана, с которым связано увлажнение территории. Роль западного переноса воздушных масс усиливается с увеличением абсолютной высоты над уровнем моря. Особенно велика роль воздушных масс в холодный период, когда над азиатской частью России преобладает антициклональная погода. В тёплое время года (с апреля по октябрь) усиление циклонической деятельности обуславливает 75-85 % годового количества осадков.

Южное расположение (54-49° с.ш.) и преобладание антициклональной погоды обеспечивает большой приход солнечной радиации, величина которой колеблется от 100 до 110 кКал/см²/год. Продолжительность солнечного сияния за год составляет от 1850 до 2150 часов, что очень близко к территории Северного Кавказа.

Для западной Кулунды следует считать, что суммарная солнечная радиация вся приходит на горизонтальную поверхность. Растения в процессе фотосинтеза усваивают часть приходящей энергии Солнца, которая называется фотосинтетически активной радиацией (ФАР). Часть этой энергии, используемой растениями для фотосинтеза и выраженную в процентах, называют коэффициентом полезного действия ФАР. Растениеводы принимают для условий Алтайского края, что растения используют не более 1,5 %. По приходу ФАР потенциальная урожайность для географической широты 49-54° с. ш. возможна в пределах 1,4-2,4 т/га.

Исследования Л.М. Татаринцева, В.Л. Татаринцева, О.Г. Пахоми [142, 143, 144], проведенные в течение 33 лет, показали, что урожайность яровой пшеницы по годам колеблется от 0,7 до 1,9 т/га, овса – от 1,0 до 2,2 т/га. Некоторое несоответствие реальной и расчётной урожайности обусловлено наличием дефлированности почв, проявляющейся в слабой степени.

По условиям теплообеспеченности, измеряемой суммами температур выше 10 °С, Западно-Кулундинская подпровинция входит в умеренный пояс. По температурному режиму почв В.Н. Димо [41] исследуемую территорию отнесла к длительно сезонно промерзающему типу с длительностью промерзания не менее 5 месяцев при положительной среднегодовой температуре почвы.

Согласно агроклиматическому районированию Алтайского края большая часть Западно-Кулундинской подпровинции [3] входит в более теплый район (IVe) с суммой температур воздуха выше 10 °С равной 2200-2400° и засушливый подрайон с ГТК по Селянинову, лежащем в интервале 0,8-0,6. Незначительная территория южной части Михайловского и северной части Угловского районов отнесена к жаркому агроклиматическому району ($\sum t > 10\text{ }^{\circ}\text{C} > 2400^{\circ}$) сухому (ГТК < 0,6) подрайону (Vж) (рисунок 3).

Основные показатели теплообеспеченности выделенных районов приведены в таблице 2. Судя по среднемноголетней сумме $t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ воздуха, почв и продолжительности периода с отрицательной температурой почвы на глубине 20 см Западно-Кулундинская степь входит в умеренно-теплый длительно промерзающий фациальный подтип [41]. В пределах Западно-Кулундинской степи обеспеченность теплом всех культур (кроме кукурузы) 100 %. Раннеспелые сорта кукурузы вызревают. Для средне- и позднеспелых сортов теплообеспеченность недостаточна: среднеспелые сорта кукурузы обеспечены теплом на 80-90 %, позднеспелые только на 35-50 % [3].

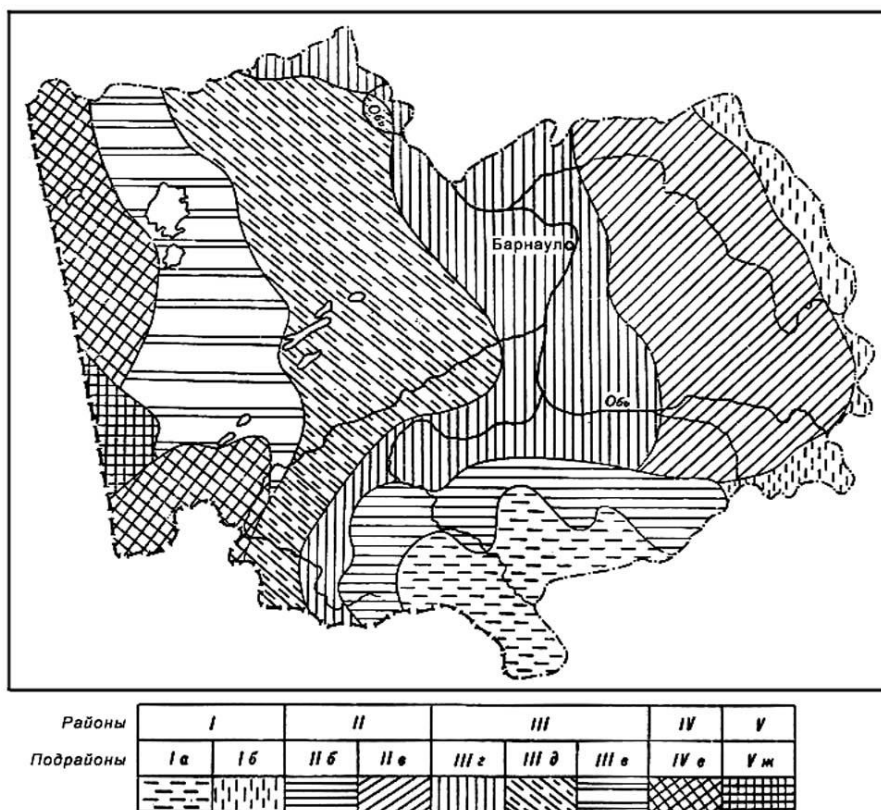


Рисунок 3 – Агроклиматическое районирование Алтайского края [3]

Для большинства сельскохозяйственных культур (яровые зерновые, кукуруза на силос, гречиха, картофель, горох, лён масличный, огурцы, томаты, капуста) сумма активных температур составляет 1200-1800°. Более высокая сумма активных температур (1800-2300°) необходима для сахарной свёклы и подсолнечника. Сравнивая суммы активных температур и суммы температур выше 10 °С, можно заключить, что для всех культур (кроме сахарной свёклы и подсолнечника) возделываемых в сухой степи, существует избыток тепла.

Несмотря на избыточную теплообеспеченность культур в ряде случаев период вегетации позднеспелых сортов зерновых, подсолнечника, сахарной свеклы, а также овощных культур ограничен наступлением первых осенних заморозков (I и II декады сентября) и возвратных поздневесенних заморозков (I декада июня).

Из данных таблицы 2 видно, что агроэкологическое состояние климатических показателей в подрайоне Vж менее благоприятно для сельскохозяйственных культур. Теплообеспеченность в пространстве зависит

главным образом от гранулометрического состава почв. Сумма температур на глубине 10 см для суглинистых почв на 100 °С меньше, чем для супесчаных и песчаных.

Таблица 2 – Теплообеспеченность земель
Западно-Кулундинской подпровинции

Агроклиматические показатели	Подрайоны	
	IVe	Vж
Абсолютный минимум температуры воздуха, °С	-48-50	-47-49
Абсолютный максимум температуры воздуха, °С	+40	+41
Продолжительность периода со средней суточной температурой выше 10 °С, дней	130-140	140-145
Сумма температур воздуха за период с температурами выше 10 °С, °С	2200-2400	>2400
Сумма температур песчаных и супесчаных почв на глубине 10 см выше 10 °С, °С	2500-2700	>2600
Сумма температур суглинистых почв на глубине 10 см выше 10 °С, °С	2400-2600	>2600
Продолжительность периода с отрицательной температурой почвы на глубине 20 см, мес.	6	5,5
Наибольшая глубина промерзания почвы за зиму, см	305	265
Дата последнего заморозка весной в воздухе	18-23.V	8-13.V
Дата последнего заморозка весной на почве	4-9.VI	25-30.V

Более высокое варьирование теплообеспеченности наблюдается во времени [146]. Сумма температур выше 10 °С за вегетационный период 1971-2003 годов колебалась от 1820° в 1985 до 2340° в 1999 году (рисунок 4). Интервал варьирования составляет 520°. Сумма во времени имеет незначительное варьирование [119], коэффициент вариации ниже 10 %.

За исследуемый период времени 13 лет сумма $t > 10^{\circ}\text{C}$ была более 2200°, еще 13 лет сумма $t > 10^{\circ}\text{C}$ составляла 2000-2200° и оставшиеся 7 лет оказались прохладными с суммой $t > 10^{\circ}\text{C}$ менее 2000°. Для полного созревания яровой пшеницы требуется 1900-2000° при средней температуре воздуха не выше 20° [116]. В приведённом случае оптимальные температурные условия для развития яровой пшеницы сложились только в 21 % лет, т.е. два года из десяти. К числу таких оптимальных лет относится 1972 и ряд других. В остальные годы сумма температур была выше оптимума.

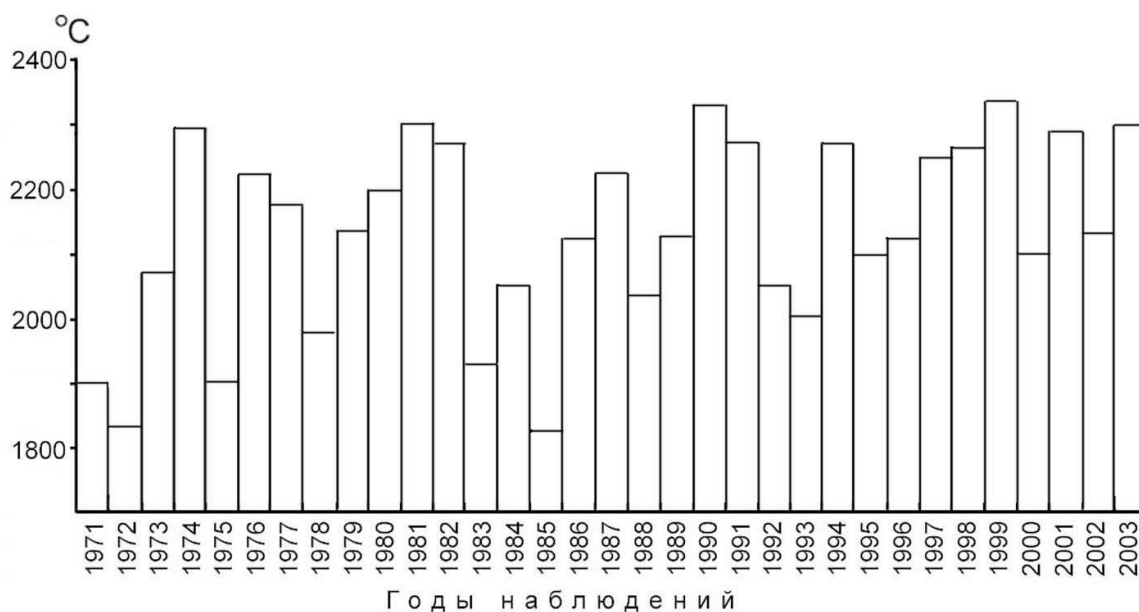
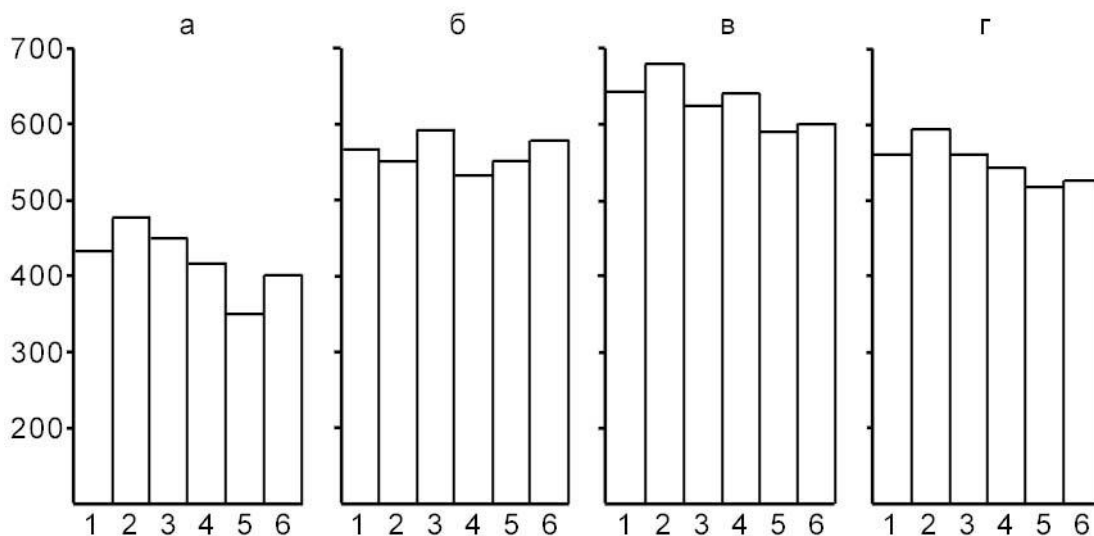


Рисунок 4 – Сумма температур выше 10 °С за вегетационный период (V-VIII месяцы) с 1971 по 2003 годы [144]

Теплообеспеченность культур в течение вегетационного периода по месяцам представлена на рисунке 5.



1 – среднемноголетняя; 2 – «сухие» годы; 3 – «засушливые»; 4 – «средние»; 5 – «увлажненные» и 6 – «влажные»

Рисунок 5 – Среднемноголетняя сумма температур выше 10 °С за май (а), июнь (б), июль (в) и август (г):

Рисунок показывает, что сумма температур выше 10 °С постепенно нарастает от мая к июлю, и затем в августе наблюдается снижение абсолютных величин $\sum t > 10$ °С. В зависимости от обеспеченности осадками $\sum t > 10$ °С

изменяется в мае от 352 до 474°, в июне – от 533 до 591°, июле – от 587 до 672° и августе – от 521 до 594°. При этом в «сухие» годы за май-август набирается более 2300°, в «засушливые» – 2200°, в «средние» – 2100°, в «увлажненные» и «влажные» – 1800-2000°.

Средняя декадная температура воздуха за вегетационный период представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Средняя декадная температура воздуха за вегетационный период, °С

Месяцы	Декады	Подрайоны	
		IVе	Vж
Май	1	7,5-10,0	9,0-10,5
	2	10,5-12,5	12,0-13,0
	3	12,5-15,5	14,5-15,0
Июнь	1	14,5-16,5	17,0-17,5
	2	16,5-18,5	18,0-18,5
	3	18,0-19,5	19,5-20,0
Июль	1	19,0-20,5	20,0-21,0
	2	19,0-21,0	20,0-21,0
	3	18,5-20,5	20,0
Август	1	17,5-19,0	18,5-19,0
	2	16,5-18,0	17,0-18,0
	3	14,5-16,5	15,0-16,5

Анализ данных таблицы показывает, что активное накопление тепла происходит в первой половине вегетационного периода. С начала мая до начала июня средняя декадная температура поднимается на 4°, с начала июня до начала июля на 5°. Весь июль средняя декадная температура держится в интервале 19-21°. В августе средняя декадная температура первой декады почти на 3° выше, чем в третьей декаде. С конца июля до конца августа средняя декадная температура уменьшается на 4°.

Варьирование температуры воздуха за вегетационный период в зависимости от влагообеспеченности показано в таблице 4.

Из таблицы видно, что температура воздуха в течение вегетационного периода наиболее устойчива в «сухие» и «влажные» годы, и наоборот, наиболее изменчива в «засушливые» годы. «Средние» и «увлажнённые» годы по степени варьирования занимают промежуточное положение, т.е. вариабельность

температур выше, чем в «сухие» и «влажные» годы, но ниже, чем в «засушливые» годы.

Таблица 4 – Варьирование температуры воздуха за вегетационный период в зависимости от степени увлажнения

Степень увлажнения	Статистические характеристики	Месяцы			
		май	июнь	июль	август
«Сухие» годы	Среднее значение	15,4	18,2	21,7	19,3
	Дисперсия	1,6	1,0	1,1	1,3
	Ошибка среднего	0,6	0,3	0,4	0,4
	Коэффициент вариации, %	10,4	5,5	5,1	6,7
«Засушливые» годы	Среднее значение	13,7	19,6	20,9	18,4
	Дисперсия	2,2	2,0	1,3	1,3
	Ошибка среднего	0,4	0,3	0,2	0,2
	Коэффициент вариации, %	16,1	10,2	6,2	7,1
«Средние» годы	Среднее значение	12,8	18,3	21,4	18,2
	Дисперсия	2,1	1,9	1,0	2,3
	Ошибка среднего	0,4	0,4	0,2	0,4
	Коэффициент вариации, %	16,5	10,4	4,7	12,6
«Увлажненные» годы	Среднее значение	11,4	18,3	19,8	17,3
	Дисперсия	1,2	1,1	1,1	1,7
	Ошибка среднего	0,3	0,3	0,3	0,4
	Коэффициент вариации, %	10,5	6,0	5,7	10,0
«Влажные» годы	Среднее значение	12,6	20,1	19,9	17,8
	Дисперсия	1,2	2,0	1,3	0,9
	Ошибка среднего	0,4	0,7	0,4	0,3
	Коэффициент вариации, %	9,7	10,0	6,4	4,8

Подекадное варьирование величины суммы температур выше 10 °С приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Варьирование величины сумм температур выше 10 °С за вегетационный период

I декада				II декада				III декада				n
М	σ	m	V, %	М	σ	m	V, %	М	σ	m	V, %	
Май												
125	10	2,0	8,1	132	15	2,9	10,6	160	17	3,0	10,2	33
Июнь												
170	19	3,4	11,5	188	16	2,8	8,3	203	14	2,4	6,9	33
Июль												
209	15	2,6	7,1	207	14	2,5	6,8	208	16	2,8	7,2	33
Август												
194	15	2,6	7,6	188	13	2,3	6,9	168	16	2,9	9,3	33
Сентябрь												
137	10	1,9	7,5	128	8	1,6	6,4	-	-	-	-	33
Май-август												

175	24	4,1	13,4	179	25	4,3	13,7	185	22	3,8	11,9	33
-----	----	-----	------	-----	----	-----	------	-----	----	-----	------	----

Судя по показателям варьирования наибольшей неустойчивостью $\sum t > 10^\circ\text{C}$ отличаются вторая и третья декады мая, а также первая декада июня ($V=10,2-11,5\%$). Во все другие периоды вегетации растений варьирование входит в градацию «незначительное» [119], т.е. меньше 10 %.

Среднемноголетние показатели влагообеспеченности вегетационного периода представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Влагообеспеченность яровой пшеницы

Агроклиматические показатели	Подрайоны	
	IVе	Vж
Годовое количество осадков, мм	250-300	<250
Сумма атмосферных осадков за период с $\sum t > 10^\circ\text{C}$, мм	150-160	140
Сумма атмосферных осадков от посева до созревания, мм	100-115	90
Сумма испарения от посева до созревания, мм	138-152	147
Оптимальная потребность в воде, мм	410-440	440
Фактическая, в % от оптимальной	35	33
Запасы продуктивной влаги в слое 0-100 см почвы на дату перехода температуры воздуха через 10°C весной по зяби, мм	50-60	90
Запасы продуктивной влаги в слое 0-100 см почвы на дату перехода температуры воздуха через 5°C осенью по зяби, мм	15-25	<20
Обеспеченность вегетационного периода с $t > 10^\circ\text{C}$, ГТК по Селянинову	0,7	0,6

Данные таблицы подтверждают, что подрайон Vж обладает более напряжёнными условиями влагообеспеченности. Однако, среднемноголетних данных для оценки влагообеспеченности недостаточно, поскольку она имеет большое варьирование во времени. Чтобы это подтвердить, проведём анализ влагообеспеченности за 33 года (1971-2003 гг.) метеонаблюдений на ГМС «Ключи».

Для оценки влагообеспеченности территории был использован гидротермический коэффициент (ГТК) Г.Т. Селянинова, рассчитанный как отношение суммы осадков за период с $t > 10^\circ\text{C}$ к испаряемости, выраженной суммой температур за этот же период, уменьшенный в 10 раз.

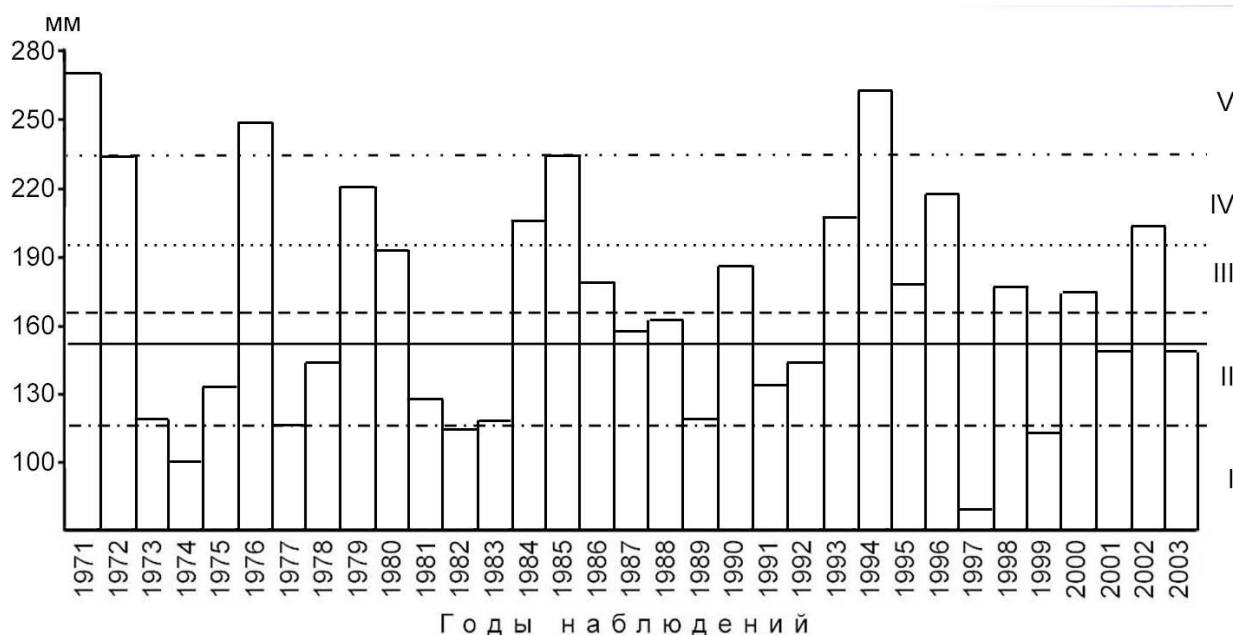
По гидротермическому коэффициенту Селянинова выделено пять степеней влагообеспеченности: 1) сухие годы, ГТК<0,6; 2) засушливые, ГТК=0,6-0,8; 3) средние, ГТК=0,8-1,0; 4) увлажненные, ГТК=1,0-1,2; 5) влажные, ГТК>1,2.

Согласно этой классификации 8 лет из 33 исследуемых (1971-2003гг.) оказались сухими (2 года из 10), 9 лет засушливыми (3 года из 10), по 2 года из 10 были средними и увлажнёнными и 1 год из 10 был влажным.

Динамика выпадения атмосферных осадков по годам за май-август вегетационного периода представлена на рисунке 6.

Из рисунка следует, что за 33-летний период количество атмосферных осадков колебалось от 70 мм в 1997 году до 271 мм в 1971 году. Амплитуда колебания выпадения атмосферных осадков составляла более 200 мм. В сухие годы осадков выпадало не более 110-115 мм за вегетационный период, в засушливые – 120-160 мм, средние – 160-195 мм, увлажнённые – 195-235 мм и влажные – более 235 мм. В среднем за 33 года сумма составила 172 мм.

Это на 25 мм больше, чем среднемноголетние данные, приведённые в справочнике «Агроклиматические ресурсы Алтайского края» [3]. При расходе влаги 10 мм на один центнер зерна [32] прогнозная урожайность яровой пшеницы в исследуемые 33 года должна быть в интервале 7-27 ц/га. Фактическая урожайность, полученная в К(Ф)Х «О.Г. Пахомя», варьировала в интервале 4,7-24,4 ц/га [146], что чуть ниже (на 3 ц/га) прогнозной урожайности.



I – «сухие» годы; II – «засушливые»; III – «средние»;
 IV – «увлажненные»; V – «влажные» годы
 Рисунок 6 – Динамика выпадения атмосферных осадков за вегетационный период (V-VIII):

Атмосферные осадки за вегетационный период распределились в мае 30, июне 50, июле 52 и августе 40 мм. В мае и июне выпало дождей соответственно на 6 и 12 мм больше, в июле и августе количество осадков равнялось среднемноголетней норме [3]. В зависимости от степени влагообеспеченности в мае количество осадков колебалось в интервале 5-75 мм, июне – 10-105 мм, июле – 15-155 мм и августе – 10-130 мм. В первую половину вегетационного периода из атмосферы на почву чаще всего поступает 50-70 мм осадков, во вторую – 75-100 мм, что на 25-30 мм больше, чем в первой половине. Наиболее вероятное количество осадков за вегетационный период составляет 105-175 мм.

Вероятность лет по степени влагообеспеченности по месяцам вегетационного периода приведены в таблице 7.

Как видно, летние месяцы часто (4-6 лет из 10) бывают сухими. Самая высокая влагообеспеченность наблюдается в мае (4 года из 10). Очень любопытно, что средние по увлажнению месяцы встречаются редко, чаще других таковыми бывают июль и август.

Таблица 7 – Вероятность лет по степени влагообеспеченности по месяцам

Степень увлажнения	Вероятность по месяцам, доля из 10 лет				
	май	июнь	июль	август	май-август
Сухие	4	5	4	6	4
Засушливые	–	1	1	–	2
Средние	1	1	3	2	2
Увлажнённые	1	1	–	1	1
Влажные	4	2	2	1	1

Подекадное количество осадков колеблется от 10 до 22 мм [146]. При этом наибольшее количество осадков приходится на вторую и третью декады июня и июля, а также первую декаду августа. Из 10 лет 6-8 характеризуются низким (менее 15 мм) подекадным количеством осадков. Из указанных 6-8 лет более половины (3-5 лет) за декаду на почву поступает менее 5 мм осадков. Эти осадки несут существенны для продукционного процесса.

Влагообеспеченность конкретных местообитаний зависит от запасов продуктивной влаги, накопленной в почве, на период посева и в течение

вегетационного периода. Запасы продуктивной влаги зависят от атмосферных осадков, выпадающих в осенне-зимне-весенний период и водно-физических свойств почвы.

Ко времени перехода температуры воздуха через 5 °С осенью запасы продуктивной влаги в метровом слое легко- и среднесуглинистых каштановых почв составляют 25-50 мм, в супесчаных ниже 25 мм. Средние многолетние запасы продуктивной влаги приводятся по справочнику «Агроклиматические ресурсы Алтайского края, 1971».

Устойчивый снежный покров образуется в первой, начале второй декады ноября и длится до 150 дней в подрайоне Vж и 150-155 дней в подрайоне IVе. Высота снежного покрова к концу ноября не превышает 6-15 см. Наибольшей высоты (16-30 см) снежный покров достигает в середине-конце марта. Средняя, из наибольших декадных высот снежного покрова за зиму, составляет 20-35 см при плотности снега 0,24-0,28 г/см³ [17]. Запас воды в снегу к началу весны в среднем в районах Кулунды составляет 50-80 мм. До 15 % снега расходуется на сублимацию. По данным Л.М. Татаринцева [146] 10 % талой воды стекает по поверхности, подпитывая озёра и заболоченные участки. Таким образом, в почву впитывается только 40-60 мм, создавая запас продуктивной влаги, достигающий 85-110 мм. Однако к началу посевной компании, в метровой толще почвы сохраняется всего 50-75 мм продуктивной влаги. Получается, что порядка 35 мм продуктивной влаги теряется на испарение в апреле и начале мая до посева. К моменту сева яровых зерновых культур запасы продуктивной влаги в пахотном слое каштановых почв не превышает 10-20 мм, которые и обеспечивают появление всходов. При меньших запасах появление всходов невозможно.

В течение вегетационного периода формирование запасов продуктивной влаги происходит под влиянием атмосферных осадков и расхода влаги растениями. На основе данных, приведённых в монографии Л.М. Татаринцева [146], сделан анализ запасов продуктивной влаги в метровом слое за 1980-1988 годы и проведена группировка лет по запасам продуктивной влаги.

Средние многолетние запасы продуктивной влаги за восемь лет составили 68 мм, что хорошо согласуется с аналогичными показателями, приведёнными гидрометеослужбой [3]. По годам запасы продуктивной влаги изменялись от 46 мм в 1980 году до 120 мм в 1987 году. Подекадные запасы продуктивной влаги за исследуемый период представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Запасы продуктивной влаги за 1980-88 гг.

Годы	Май			Июнь			Июль			Август		
	декады			декады			декады			декады		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1980	60	60	60	60	60	56	54	36	36	20	35	20
1981	75	100	125	100	60	50	25	40	60	20	20	-
1982	75	50	40	50	50	50	40	100	40	30	30	25
1984	50	60	50	55	60	70	50	45	30	70	30	30
1985	130	80	70	70	60	50	50	40	30	50	100	-
1986	80	70	150	70	125	125	50	70	-	-	-	-
1987	160	170	160	125	180	125	125	90	90	100	60	50
1988	75	100	70	70	40	40	40	40	40	50	50	40
средние	88	86	90	75	79	71	54	58	47	49	46	33

Среднедекадные значения запасов продуктивной влаги в слое 0-100 см в мае очень близки – 86-90 мм. В июне запасы по декадам также практически одинаковые (71-79 мм), но средние значения запасов влаги на 10-20 мм ниже, чем в мае. Первые две декады июля запасы продуктивной влаги на 20 мм ниже, чем в июне и на 30 мм меньше по сравнению с маем. Самое низкое среднее значение запасов продуктивной влаги наблюдается в третьей декаде августа, в которой начинается уборка зерновых. С мая до августа средние запасы продуктивной влаги сокращаются почти на 60 мм.

Чаще всего (6 лет из 10) встречаются годы с очень низким (меньше 60 мм) запасом продуктивной влаги (таблица 9). Два года из 10 характеризуются низким (60-90 мм) запасом продуктивной влаги. Более высокие запасы продуктивной влаги (90-120 и 120-150 мм) наблюдаются по одному году в 10 лет. Запасы продуктивной влаги более 150 мм были зафиксированы в 4 случаях из 90 наблюдений, проведённых за 8 лет. Анализ запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы по месяцам (таблица 9) позволяет заключить, что первый

месяц (май) вегетационного периода отличается самым высоким разнообразием по почвенной составляющей влагообеспеченности яровой пшеницы.

Таблица 9 – Вероятность лет с запасом продуктивной влаги в слое 0-100 см по месяцам

Месяцы	Декады	Степень влагообеспеченности				
		сухие	засушливые	средние	увлажнённые	влажные
Май	1	3	5	–	1	1
	2	4	3	2	–	1
	3	4	2	–	3	1
Июнь	1	4	4	1	1	–
	2	8	–	–	1	1
	3	6	1	–	3	–
Июль	1	9	–	–	1	–
	2	6	3	1	–	–
	3	9	1	–	–	–
Август	1	7	2	1	–	–
	2	9	–	1	–	–
	3	10	–	–	–	–
Май-август	–	6	2	1	1	–

В мае 3 года из 10 обладают очень низким запасом влаги (около 60 мм), еще 3 года – с низким запасом от 60 до 90 мм, по 1 году из 10 имеют в мае средний (90-120 мм) и очень высокий для этой зоны (более 150 мм) запас доступной для растений влаги. Оставшиеся 2 года в десятке лет обладают высоким (120-150 мм) запасом продуктивной влаги. В июне 6 лет из 10 отличаются очень низким, а 2 года – низким запасом. Еще 2 года из 10 запасы продуктивной влаги составляют от 120 до 150 мм. В июле и августе 8 лет из 10 почвы содержат продуктивной влаги в пределах 20-50 мм. Оставшиеся 2 года в почвах определяется низкий и средний запас продуктивной влаги.

В исследуемой группе лет (1980-1988 гг.) 1982 и 1987 годы относятся к «сухим» с осадками за V-VIII месяцы менее 110 мм, пять лет (1980, 1981, 1985, 1986 и 1988) были «засушливыми» с осадками 120-160 мм и 1984 год классифицирован как «средний» с количеством осадков 179 мм. Среди «сухих» лет 1982 год отличается «очень низким» (48 мм), а 1987 год – «средним» (120 мм) запасом продуктивной влаги в метровом слое. Из «засушливых» лет 1980 и 1988

были с «очень низким» запасом продуктивной влаги, 1981 и 1985 годы – с «низким» и 1986 год – со «средним» запасом продуктивной влаги. «Средний» по влагообеспеченности 1984 год обладал только «очень низким» запасом продуктивной влаги.

Визуально хорошо прослеживается, что разные по влагообеспеченности «сухой» (1982), «засушливые» (1980, 1988), а также «средний» (1984) отличаются очень низким запасом продуктивной влаги. В свою очередь, одинаково «засушливые» по влагообеспеченности годы: 1980 и 1988 характеризуются «очень низким», 1981 и 1985 – «низкими» и 1987 «средними» запасами продуктивной влаги.

Такое несоответствие запасов продуктивной влаги с количеством атмосферных осадков в течение вегетационного периода обусловлено выпадением дождей малой интенсивности менее 5 мм (рисунок 7). Доля дождей с этой интенсивностью по месяцам изменяется от 52 % в июле, до 74-78 % в мае и июне. В августе их доля возрастает на 12-14 % по сравнению с июлем и настолько же уменьшается относительно мая и июня. Дожди с малой интенсивностью испаряются и незначительны для продукционного процесса.

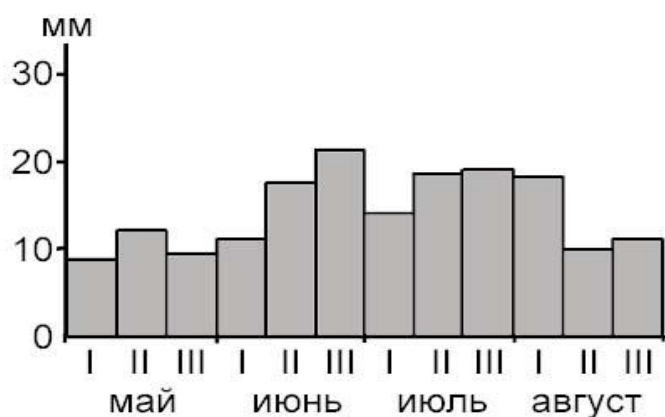


Рисунок 7 – Среднемноголетнее распределение осадков в течение вегетационного периода

Доля дождей с интенсивностью 10-20 мм с мая по июль растет с 22 до 48 % и к августу уменьшается до 36 %. Дожди с интенсивностью 10-20 мм более существенно влияют на запасы продуктивной влаги, главным образом в слое до

20-30 см. Однако более половины атмосферных осадков расходуется на физическое испарение. Продуктивная влага в почве более существенно влияет на урожай зерновых в первой половине (май-июнь) вегетационного периода. Во вторую половину (июль-август) решающее влияние на урожайность оказывают атмосферные осадки. Доля участия продуктивной влаги в формировании урожая составляет от 23 до 32 %, доля участия осадков за июнь-июль – почти 60 % [147].

Негативное влияние на урожайность зерновых оказывают суховеи. Суховейные явления в Западно-Кулундинской степи продолжаются в среднем 64-65 дней [3]. Максимальная продолжительность, зафиксированная на метеостанциях в городе Славгород и поселке Ключи, достигает соответственно 107 и 120 дней. Основную долю составляют слабые и средние суховеи (87 % от общего числа дней). На интенсивные и очень интенсивные суховеи приходится 13 % от общего числа дней.

В мае в среднем регистрируется 11 суховейных дней, которые наиболее опасны в начальный период вегетации. В это время может происходить полное иссушение 10 см слоя почвы, в котором располагаются семена, не способные прорасти. Из наблюдаемых 8 лет такими были 1980 и 1982 годы, когда запас продуктивной влаги в метровом слое почвы составлял 50-60 мм и за май 1980 года выпало два дождя с общим количеством осадков 10 мм. В мае 1982 года из атмосферы поступило всего 14 мм влаги за три дождя с интенсивностью от 3 до 7 мм в декаду.

Не менее опасными являются июньские суховеи, продолжительность которых составляет две недели. Из восьми исследуемых лет с июньскими суховеями были 1981 и 1988 годы, в которые метровый слой почвы содержал всего 50-60 мм влаги, а осадки выпали только в первую декаду соответственно по 7 и 6 мм.

Суховейные явления усугублялись сильными ветрами со скоростью более 15 м/с, сумма которых, судя по наблюдениям на ГМС «Ключи», в апреле и мае соответственно составляет 5 и 8 дней, в июне – 6 и 4 дня. Суховеи слабой и средней интенсивности наблюдаются ежегодно. Слабые суховеи длятся в среднем

36 дней, средние – 20-21 день. После 20-30 дневного их действия появляется опасность наступления почвенной засухи. В июле продолжительность почвенной засухи на 1-2 дня меньше, чем в мае и июне, однако они протекают на фоне низких запасов продуктивной влаги (30-50 мм в 100 см слое).

Преодоление раннелетней засухи в районах Кулунды достигается за счёт более поздних сроков посева яровых зерновых культур. Чтобы растения могли переждать засуху, обычно создают определённый запас влаги в паровом поле с помощью кулис и мульчи из соломы. Засухоустойчивость зерновых повышают фосфорные удобрения.

Влияние засух и суховеев больше сказывается на супесчаных каштановых почвах, а также солонцеватых. Наряду с суховеями в Западной Кулунде во время вегетации сельскохозяйственных культур наблюдаются сильные ветры более 15 м/с. Наиболее часто ветры такой скорости отмечены в агроклиматическом районе IVe [3]. Общее число дней за период с апреля по сентябрь составляет 30-31. В апреле их число достигает 5 дней, мае – 8. С июня по сентябрь число дней снижается с 6 до 4.

В агроклиматическом районе Vж общее число дней с ветром более 15 м/с почти в 2 раза меньше (только 18), чем в агроклиматическом районе IVe. Сокращение числа дней с указанной скоростью ветра обусловлено наличием сосновых боров, широко распространённых в нижней части Западно-Кулундинской подпровинции.

Сильные ветры в северной части сухой степи способствуют развитию дефляционных процессов и возникновению пыльных бурь. Число дней с пыльными бурями за тёплый период (IV-IX месяцы) достигает 13, снижаясь до 5-8 дней в южной облесённой части сухой степи.

2.3. Оценка геологических условий и рельефа

В геологическом отношении территория Западно-Кулундинской сухостепной подпровинции неоднородна и различается по истории

геологического развития. Равнины подпровинции имеют двухъярусное строение, характерное для всего Алтайского края. Глубоко опущенный складчатый палеозойский фундамент перекрыт платформенным чехлом мезозойско-кайнозойских осадочных пород [1].

Платформенный чехол Кулунды в районе Кулундинского озера достигает мощности 1000-1200 м. В составе платформенного чехла (снизу вверх) выделены юрские, меловые, палеогеновые, неогеновые отложения, завершают эту сложную систему отложения четвертичного возраста. Отложения четвертичной системы распространены на равнинах Кулунды повсеместно. Они формируют несколько разновозрастных свит, представленных аллювиальными, аллювиально-озёрными, субаэральными и другими континентальными отложениями [10].

Первое основательное обобщение по стратиграфии четвертичных отложений дано в работе Е.Н. Щукиной (1953) цитировано по Адаменко и др. [10]. Для территории равнины Кулунды наибольшее значение имеет работа О.М. Адаменко [10]. На геологической карте [17] видно, что самое широкое распространение в Западной Кулунде получили аллювиальные отложения (суглинки, супеси, пески с гравием и галечником) среднечетвертичного отдела. Эти пространства начинаются в южной части Бурлинского района и продолжаются до центра Угловского района. Озёрные котловины сложены аллювиально-озёрными и делювиальными отложениями песчано-супесчаного состава с включениями гравия и гальки верхнечетвертичного и современного отделов.

В южной части подпровинции (Михайловский и Угловский районы) наряду с аллювиальными отложениями среднечетвертичного возраста встречаются аллювиально-озёрные отложения песчано-супесчаного состава среднего и верхнечетвертичного отделов с вкраплениями озёрно-аллювиальных и делювиальных осадков верхнечетвертичного и современного отделов. На эолово-аллювиальных равнинах распространены аллювиально-озёрные и субаэральные отложения (лёссовидные суглинки и супеси) ниже- и среднечетвертичного времени. На крайнем севере и юге провинции геологами выделены отложения

неогеновой системы, имеющие ограниченное распространение. Эти отложения представлены аллювиально-озёрными, аллювиальными и субэральными суглинками и иловатыми супесями плиоценового отдела, а также миоцен-плиоценовыми делювиально-пролювиальными, озёрными и озёрно-аллювиальными отложениями.

Перечисленные четвертичные отложения стали почвообразующими или материнскими породами для зональных и интразональных почв Западно-Кулундинской сухостепной подпровинции. В центральной части этой подпровинции господствуют аллювиальные отложения супесчаного гранулометрического состава. В северо-восточной, восточной и юго-восточной окраинной части Кулундинской депрессии в переходной части между Кулундинской депрессией и Приобским плато также широко представлены аллювиальные облессованные отложения легко- и среднесуглинистого гранулометрического состава. На аллювиальных супесчаных отложениях центральной части провинции сформировались каштановые супесчаные почвы в восточной периферийной приподнятой части сухой Кулунды на легко- и среднесуглинистых эолово-аллювиальных отложениях получили развитие темно-каштановые почвы. Названные пространства распаханы и агроэкологическое состояние почв определяется их гранулометрическим составом, а также степенью развития дефляционных процессов.

По устройству поверхности исследуемая территория относится к равнинной части Алтайского края. В пределах равнинной части Алтайского края выделяются пять основных морфоструктурных зон. На крайнем западе отчетливо прослеживается Кулундинская депрессия (низменная равнина) (рисунок 8).

Поверхность Кулундинской низменной равнины плоская преимущественно с небольшими уклонами (меньше $0,5^\circ$), практически отсутствует эрозионное расчленение, что обусловлено слабой приподнятостью над уровнем моря (100-160 м) и сухостью климата. Рельеф усложняют только многочисленные бессточные впадины, занятые соровыми солончаками и озёрами, а в южной части депрессии –

бугристый и грядовый рельеф эолового происхождения. Сюда заходят лёссовые плато, приподнятые на высоту 200-250 м, местами 260-270 м над уровнем моря.

Согласно геоморфологической карты [17, 47] в пределах Западно-Кулундинской подпровинции выделяются три типа равнин: аллювиальные и аллювиально-озёрные (с аридной морфологией), озёрные и эолово-аллювиальные (лёссовые) (в разной степени переработанные эрозионными процессами).

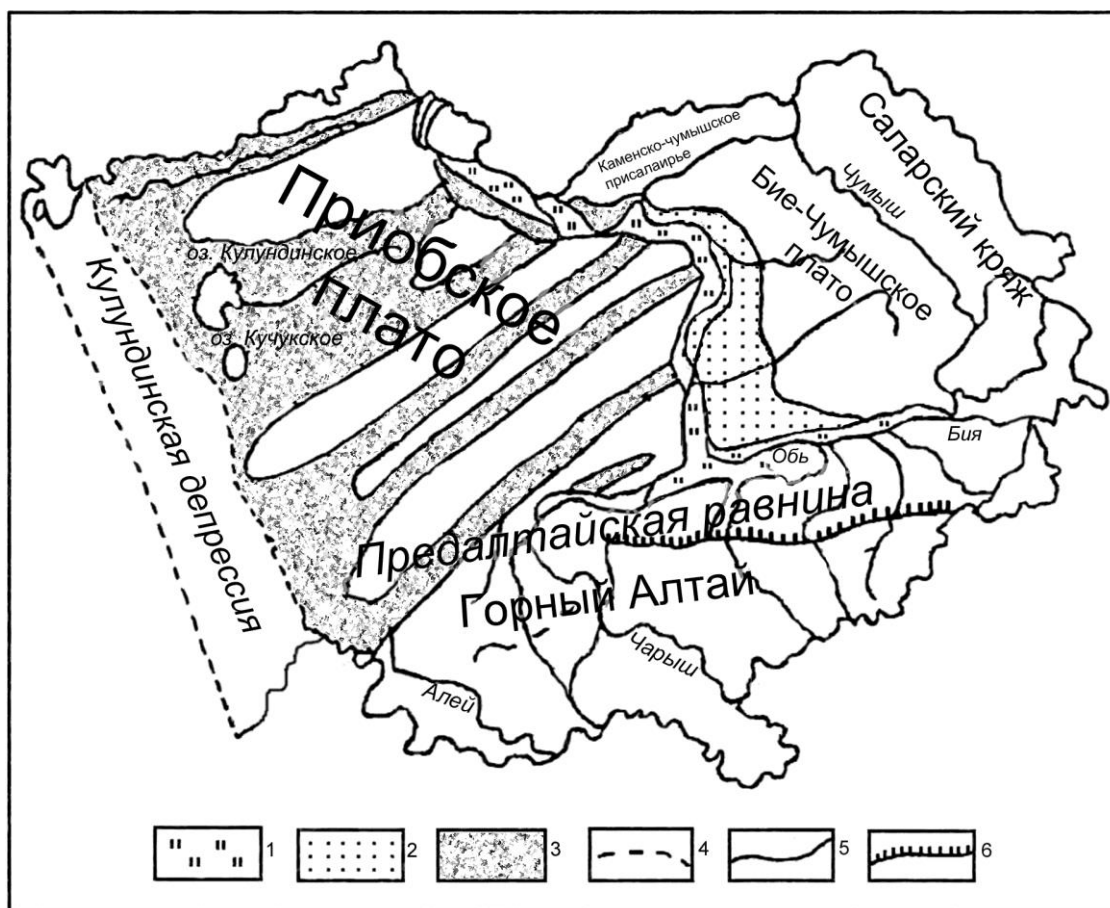


Рисунок 8 – Схема основных морфоструктурных зон юго-восточной части Западной Сибири [9, 10 149]

Примечание :отрицательные формы макрорельефа 1 – луговая пойма; 2 – песчано-супесчаные надпойменные террасы; 3 – донно-гривисто-боровые долины и озёрно-аллювиальные дельты ложбин древнего стока. Границы морфоструктурных зон: 4 – слабо выраженные (переход постепенный); 5 – заметно выраженные (переход ступенчатый); 6 – резко выраженные в рельефе (тектонические уступы)

Среди аллювиальных и аллювиально-озёрных равнин наибольшее территориальное распространение (от п. Бурсоль до с. Угловское) получили плоскокотловинные равнины. Максимальное превышение водоразделов над уровнем моря не более 20 м. На западе Ключевского района, северо-западе и юге

Михайловского района и северной части Угловского района, вследствие деятельности ложбин древнего стока и последующего перевевания ветром сформировались бугристые равнины, большая часть которых имеет глубину расчленения не более 20 м. На территории аллювиальных, аллювиально-озёрных и бугристых равнин повсеместно вкраплены древние озёрные (низинные) западинно-котловинные равнины. Относительные высоты плоскокотловинной равнины – 1-2 м, бугристой – 1,5-5 м и западинно-котловинной – 0-2 м.

В рельеф Западной Кулунды вносят разнообразие эолово-аллювиальные (лессовые) равнины, переработанные эрозионными процессами. Эти равнины, являются юго-западной оконечностью увала, расположенного в междуречье Касмалы-Кулунды. Относительная высота этой равнины колеблется от 0,5 до 100 м. Это самая высокая часть Западно-Кулундинской подпровинции. В границах эолово-аллювиальных (лессовых) равнин выделено три вида рельефа: волнистый котловинно-западинный и ложбинный, пологоувалистый, ложбинно-балочный и увалистый овражно-балочный и балочно-долинный.

Волнистые котловинно-западинные и ложбинные равнины непосредственно прилегают к ложбинам древнего стока. Относительные высоты составляют 0,5-10 м. Глубина расчленения территории не превышает 20 м. Степень расчленения территории, измеряемая средним расстоянием между соседними понижениями рельефа, классифицируется как слабая (>2,5 км) и средняя (1,5-2,5 км). Пологоувалистые, ложбинно-балочные равнины занимают крайне ограниченные площади. Относительная высота названных равнин изменяется от 5 до 30 м. Глубина расчленения территории колеблется от 20 до 50 м. Степень расчленения средняя (1,2-1,5 км) и реже значительная (1,0-1,2 км). Увалистые овражно-балочные и балочно-долинные равнины встречаются на стыке границ трёх административных районов – Ключевского, Михайловского и Волчихинского. Эти равнины в рельефе отличаются самыми большими относительными высотами от 15 до 100 м, имеют сильную степень расчленения (0,8-0,6 км). Лессовые равнины, приподнятые на высоту 250 м над уровнем моря, выделены в южной

части Угловского района. Здесь глубина расчленения возрастает до 50-100 м, степень расчленения равна 0,8-0,5 км.

Углы наклона поверхности плоскокотловинных равнин преимущественно $0^{\circ}17'$, бугристых равнин $0^{\circ}17'-0^{\circ}30'$. На лёссовых равнинах угол наклона поверхности изменяются в широком диапазоне от $0^{\circ}17'$ до 12° . Лёссовые равнины по условиям рельефа могут подвергаться эрозионному разрушению. Карта овражности подтверждает наше предположение (Атлас..., 1975). Протяжённость оврагов (глубиной до 5 м) достигает 2-3 км с плотностью 2-5 вершин на 10 км^2 . Более высокая протяжённость оврагов (3-5 км) наблюдается на берегах озера Большое Яровое. Плотность оврагов более 10 вершин на 10 км^2 . Глубина оврагов до 5 м.

2.4. Агрландшафты сухостепной Кулунды и их агроэкологическая оценка

В ландшафтоведении под ландшафтом понимается конкретный природно-территориальный комплекс, имеющий вертикальную и пространственную структуру и выполняющий средообразующую, ресурсосодержащую и ресурсовоспроизводящую функции. При агроэкологической оценке ландшафтов необходимо определить способность ландшафта продуцировать биомассу, обеспечивать биологический круговорот, потребность в воде и рекреационных ресурсах, а также сохранять биологическое разнообразие, устойчивость и способность к самовоспроизводству (восстановлению). При проектировании природоохранных мероприятий важно знать степень воздействия человека на ландшафт, его структуру, состояние, круговороты вещества и энергии в ходе хозяйственной деятельности [67, 70, 71, 72, 131].

Агроэкологическая оценка природных компонентов агрландшафтов и ландшафтообразующих факторов сухостепной Кулунды проведена в разделах 2.1.-2.3. В настоящем разделе оценим соотношение природных и антропогенных элементов ландшафта, структуру агрландшафтов (земель сельскохозяйственного

назначения), структуру сельскохозяйственных угодий, агроценозов и их способность к сохранению устойчивости.

Структура земельного фонда сухостепной Кулунды представлена в таблице 10. Почти три четверти сухостепной Кулунды (Западно-Кулундинской сухостепной подпровинции) занимают агроландшафты, образуемые землями сельскохозяйственного назначения. Около четверти территории приходится на земли лесного фонда, в состав которого входят особые природные образования – ленточные сосновые боры, выполняющие природоохранную функцию. Ландшафты с сосновыми борами расположены на юге сухостепной Кулунды, охватывая юго-западную часть Ключевского административного района, часть Михайловского и Угловского административных районов. Территории ленточных боров образуют специфический физико-географический район, отличающийся от других физико-географических районов Западной Кулунды [17, 91, 75].

Таблица 10 – Структура земельного фонда сухостепной Кулунды

Категории земель	Площадь	
	тыс. га	%
Общая площадь	1827,9	100
Земли сельскохозяйственного назначения	1285,0	72,6
Земли населённых пунктов	21,0	1,1
Земли промышленности и иного специального назначения	10,3	0,6
Земли особо охраняемых территорий и объектов	0,01	-
Земли лесного фонда	409,6	22,4
Земли водного фонда	32,1	1,8
Земли запаса	27,9	1,5

На земли оставшихся четырёх категорий приходится 5 % территории сухостепной Кулунды. В структуре земель населённых пунктов, занимающих чуть более 1 % территории, наибольший удельный вес (более 50 %) составляют сельскохозяйственные угодья и до четверти площадей населённых пунктов занято зданиями и сооружениями. Земли промышленности, находящиеся за пределами черты городских и сельских поселений, представлены земельными участками, занятыми объектами энергетики, автомобильного и железнодорожного транспорта, обороны, связи, информатики и телевидения и др.

На земли населённых пунктов, промышленности, водного фонда и земель запаса приходится 91,3 тыс. га, из которых 35 % этой площади заняты землями водного фонда, преимущественно водной поверхностью озёр. В сухостепной подзоне насчитываются около 1000 озёр, в основном солёных, среди которых находятся Кулундинское, Кчукское, Малое и Большое Яровое, а также Бурлинское.

Структура земельного фонда по административным районам сухостепной Кулунды (таблица 11) также свидетельствует о преобладании земель сельскохозяйственного назначения.

Таблица 11 – Структура земельного фонда
по административным районам сухостепной Кулунды

Категория земель	Административные районы						
	Немец-кий	Славгор-одский	Табунск-ий	Кулунд-инский	Ключевск-ий	Михай-ловски-й	Угловск-ий
Общая площадь	143,2/ 100	208,3/ 100	178,2/ 100	198,0/ 100	304,3/ 100	311,4/ 100	484,5/ 100
Земли с/х назначения	137,6/ 96,2	177,2/ 85,1	171,2/ 96,1	180,3/ 91,3	230,0/ 75,5	159,9/ 51,3	228,5/ 47,5
Земли населённых пунктов	1,9/1,3	1,8/0,9	1,3/0,7	2,3/1,2	2,8/0,9	5,0/1,6	5,9/1,2
Земли промышлен-ности	0,3/0,2	2,1/1,0	1,1/0,6	2,2/1,1	2,2/0,7	1,8/0,6	0,6/0,1
Земли ООПТ и объектов	–	–	–	–	0,005/–	0,005/–	–
Земли лесного фонда	2,7/1,9	1,9/0,9	0,6/0,3	1,0/0,5	49,0/16,1	126,6/ 40,6	227,8/ 47,0
Земли водного фонда	–	10,7/5,1	1,4/0,8	4,5/2,3	8,4/2,8	7,1/2,3	–
Земли запаса	–	5,9/2,8	0,3/0,2	2,5/1,3	0,2/0,01	0,6/0,2	18,2/3,8

Примечание: числитель – тыс. га

знаменатель – % от площади административного района

Доля земель этой категории от площади районов составляет от 47 % в Угловском районе до 96 % – в Табунском. Меньшая доля земель сельскохозяйственного назначения характерна для районов, в которых большая

часть земель под сосновыми борами. К этой группе районов относится Ключевский, Михайловский и Угловский, в которых доля земель лесного фонда возрастает с 16 до 47 %, одновременно уменьшается доля земель сельскохозяйственного назначения с 75 до 47 %. В других районах сухостепной Кулунды доля лесных земель составляет 0,3-1,9 %, в свою очередь, доля земель сельскохозяйственного назначения достигает 85-96 % площади земельного фонда районов. Доля земель сельскохозяйственного назначения и лесного фонда по районам колеблется от 86 до 98,0 %. Минимальная доля характерна для Славгородского района, максимальная – для Немецкого национального района.

На земли других пяти категорий приходится от 1,5 до 10 % общей площади административных районов. В составе этих пяти категорий по площади преобладают земли водного фонда. Особенно большие площади земель водного фонда наблюдаются в Михайловском, Ключевском и Славгородском районах. Общая площадь земель водного фонда в этих районах составляет 26,2 тыс. га. Это почти 82 % от общей площади земель водного фонда сухостепной Кулунды. В Немецком национальном и Угловском районах земли водного фонда отсутствуют.

Наибольшие площади деградированных земель, которые переведены в категорию земель запаса, обнаруживаются в Кулундинском, Славгородском и Угловском районах. Их площадь в этих районах составляет 26,6 тыс. га, или 95 % площади земель этой категории, относящейся к территории сухостепной Кулунды.

Площадь земель населённых пунктов – пятая по величине, составляет в зоне чуть больше 1 % от площади сухой степи. По административным районам доля земель населённых пунктов варьирует от 0,7 до 1,6 %, самые большие площади земель этой категории находим в Михайловском и Угловском районах.

Шестое место по площади и доле занимают земли промышленности и иного специального назначения. Площадь земель этой категории колеблется от 600 до 2200 гектаров. Самые большие площади наблюдаются в Ключевском и Кулундинском районах, самая маленькая – в Табунском районе.

Земли особо охраняемых природных территорий и объектов имеются только в Ключевском и Михайловском районах, общая площадь которых составляет всего 10 гектаров.

Для оптимизации агроландшафтов, повышения их устойчивости и продуктивности важно оценить сложившуюся структурно-функциональную организацию агроэкосистем. Это можно сделать на основе анализа структуры земель сельскохозяйственного назначения, их качественного состояния.

В структуре земель сельскохозяйственного назначения (таблица 12) преобладают сельскохозяйственные угодья. На пашню приходится две трети площади земель сельскохозяйственного назначения и 71 % площади сельскохозяйственных угодий. Второе место в структуре земель сельскохозяйственного назначения занимают пастбища, доля которых достигает почти 19 % от площади категории и возрастает до 20 % от площади сельскохозяйственных угодий. Общая площадь пашни и пастбищ составляет 84 % площади земель сельскохозяйственного назначения и 91 % площади сельскохозяйственных угодий. Оставшиеся 8,5 % площади земель сельскохозяйственного назначения входят в состав залежных земель и сенокосов, общая площадь которых равна 112,75 тыс. га. Многолетние насаждения занимают всего 0,04 % от площади земель сельскохозяйственного назначения.

Таблица 12 – Структура земель сельскохозяйственного назначения сухостепной Кулунды

Виды угодий	Площадь	
	тыс. га	%
Общая площадь	1285,0	100
Сельскохозяйственные угодья	1227,3	92,5
Пашня	866,5	65,3
Залежь	62,5	4,7
Многолетние насаждения	0,55	0,04
Сенокосы	50,25	3,8
Пастбища	247,3	18,6
Под древесно-кустарниковой растительностью:	26,0	2,0
из них защитные насаждения	24,9	1,9
Под водными объектами	7,2	0,5
Земли застройки	5,2	0,4
Под дорогами	8,1	0,6
Болота	11,3	0,8

Нарушенные земли	0,1	–
------------------	-----	---

На долю несельскохозяйственных угодий осталось всего 7,5 % площади земель сельскохозяйственного назначения. В составе несельскохозяйственных угодий преобладают земельные участки, покрытые древесно-кустарниковой растительностью и лесными насаждениями защитного назначения. Этот вид угодий занимает 43 % от общей площади несельскохозяйственных угодий. Другие несельскохозяйственные угодья по мере убывания их доли расположились в следующий ряд: полезащитные лесные насаждения – 41 %, болота – 18 %, земли под дорогами – 13 %, под водными объектами – 12 % и земли застройки – 8 %. В агроландшафтах сухостепной Кулунды имеются нарушенные земли. Их площадь около 100 га.

Таблица 13 – Распределение земель сельскохозяйственного назначения по административным районам сухостепной Кулунды

Виды угодий	Административные районы						
	Немецки й	Славгор одский	Табунски й	Кулунди нский	Ключевс кий	Михайл овский	Угловск ий
Земли с/х назначения	137,6/96,2	177,2/85,1	171,2/96,1	180,3/91,3	230,0/75,5	159,9/51,3	228,5/47,2
С/х угодий, всего	193,9/93,1	171,1/82,1	165,4/92,8	173,3/87,5	221,1/65,0	152,9/79,1	210,2/43,4
Пашня	123,4/86,2	124,9/59,8	130,0/72,9	138,8/70,1	158,0/46,6	93,9/30,2	97,8/20,2
Залежь	–/–	12,0/5,8	3,6/2,0	4,1/2,1	2,4/0,7	3,3/1,1	37,1/7,7
Многолетние насаждения	0,05/0,03	–/–	0,1/0,06	0,16/0,08	0,1/0,03	0,07/0,03	0,04/–
Сенокосы	1,0/0,7	2,0/1,0	8,8/4,9	2,5/1,3	3,9/1,1	15,6/5,0	16,5/3,4
Пастбища	8,9/6,2	32,5/15,6	22,9/12,9	27,7/14,0	56,6/16,6	40,0/12,8	58,7/12,1
Под древесно-кустарниковой растительностью	1,8/1,3	2,5/1,2	3,4/2,1	5,2/2,6	3,7/1,1	3,9/1,2	5,5/1,1
в т.ч. защитного значения	1,7/1,2	2,5/1,2	3,3/1,8	5,2/2,6	3,6/1,1	3,1/1,0	5,5/1,1
Под водными объектами	0,5/0,3	1,3/0,6	–/–	0,3/0,1	0,2/0,07	0,2/0,1	4,7/1,0
Земли застройки	1,0/0,7	0,8/0,4	0,8/0,4	0,5/0,3	1,2/0,3	0,5/0,2	0,4/0,1
Под дорогами	0,7/0,5	1,2/0,6	1,3/0,7	1,2/0,6	1,5/0,4	1,0/0,3	1,2/0,2
Болота	0,3/0,3	0,3/0,1	0,4/0,2	0,2/0,1	2,2/0,6	1,4/0,4	6,5/1,3

Нарушенные земли	0,03/0,02	-/-	-/-	0,02/0,01	0,04/0,01	0,02/0,01	-/-
------------------	-----------	-----	-----	-----------	-----------	-----------	-----

Примечание: числитель – тыс. га
знаменатель – % от площади района

Анализ структуры земель сельскохозяйственного назначения по административным районам сухостепной Кулунды показывает (таблица 13), что площадь земель этой категории в агроландшафте растёт по мере движения с севера на юг исследуемой территории. Также в указанном направлении уменьшается доля сельскохозяйственных угодий и пашни, одновременно возрастает доля кормовых угодий (сенокосы+пастбища), земель под древесно-кустарниковой растительностью и лесонасаждениями защитного назначения и болотами.

По доле земель сельскохозяйственного назначения проведена классификация административных районов сухостепной Кулунды по степени сельскохозяйственного освоения (таблица 14).

Таблица 14 – Классификация административных районов по степени сельскохозяйственного освоения

Классы	Степень сельскохозяйственного освоения	Доля земель с/х назначения от площади района, %
I	Очень слабо освоенные	<40
II	Слабо освоенные	40-55
III	Средне освоенные	55-70
IV	Сильно освоенные	70-85
V	Очень сильно освоенные	>85

Согласно этой классификации Михайловский и Угловский районы относятся к «слабо освоенным», Ключевский – к «сильно освоенным» и остальные четыре района – к «очень сильно освоенным».

При оценке устойчивости агроландшафтов необходимо определить видовое разнообразие агроэкосистем и способность их к самосохранению, воспроизводству потенциала почвенного плодородия. Видовое разнообразие агроэкосистем определяется структурой посевных площадей, способностью к воспроизводству почвенного плодородия – набором культур в севообороте.

Структура посевных площадей представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Доля культур в структуре посевных площадей
сухостепной Кулунды, % от пашни

Культуры	Административные районы						
	Немецки й	Славгор одский	Табунск ий	Кулунди нский	Ключевс кий	Михайл овский	Угловс кий
Пашня, всего, тыс. га	123,4	124,6	130,0	138,8	158,0	93,9	97,8
Посевная площадь	90,7	83,2	98,3	99,1	90,9	93,1	65,0
Зерновые	51,2	55,1	63,9	58,8	56,0	56,5	20,9
Подсолнечник	6,2	11,1	18,6	22,8	20,6	16,8	24,7
Картофель	0,5	0,3	0,2	0,5	0,4	1,0	0,8
Кукуруза на силос	8,3	1,0	0,8	0,8	7,4	2,8	0,3
Однолетние травы	17,3	6,8	7,2	8,0	4,5	7,7	0,3
Многолетние травы	7,2	8,9	8,0	7,8	2,0	6,7	17,8
Пары	9,3	16,8	1,6	1,3	9,1	6,9	35,0
Коэффициент эрозионной опасности	0,51	0,57	0,51	0,52	0,59	0,53	0,66

Посевные площади в зоне проведения исследований распространены весьма широко. Их количество составляет около 89% и при этом в различных районах зоны оно варьирует от 65 до 99%. В составе посевных площадей доминируют зерновые культуры, представленные на 52% пахотных угодий и около 60% посевных площадей. Среди культивируемых в зоне с/х культур преобладает подсолнечник, так как он наиболее приспособлен к местным условиям и представляет, в виду высокой цены реализации, наибольший рыночный интерес землевладельцев. Площадь этой культуры наиболее весомо представлена в Угловском районе (25%). Однолетние травы, высеваемые в пашне, являются основой кормопроизводства в сухостепной Кулунде. Поэтому их доля в составе посевной площади составляет в среднем около 8%, а в северных районах зоны до 17-18%. В южных районах зоны, в следствии более острой засушливости климата (Угловский район) высевают на сено и зеленый корм озимую рожь, которая способна использовать не только летние осадки, но и весенние и осенние. Многолетние травы занимают от 2 до 18 % площади пашни, а различного вида пары до 11%, что намного ниже нормативного уровня (14-16%). Доля участия

многолетних трав в пашне не должна подлежать корректировке, так как их посеы являются пашне замещающей культурой в случае ее трансформации в сенокосы, либо организации в севооборотах выводных полей на сильно-и среднедефлированных посевах.

Зональной особенностью землепользования в Кулунде является деградация почвенного покрова за счет активного процесса дегумификации, то есть утраты запасов гумуса за счет дефляции и активной минерализации на паровых полях и в посевах пропашных культур. По данным ретроспективного анализа трех туров почвенного обследования АП ЗапсибНИИГипрозем (1998 – 1962 гг) средняя скорость утраты гумуса в Западно – Кулундинской сухостепной зоне составляет 0,24т/га за 1 год. Наибольшая дегумификация отличается в зернопаровых и зернопропашных севооборотах. Гумусосберегающий эффект земледелия сказываются только в кормовых севооборотах с длинной ротацией 7 и более полей, в которых половина или 60% площади занята многолетними травами. В этом случае достигается нулевой баланс гумуса, то есть его приход в почву равняется расходу в севообороте.

Для получения положительного баланса гумуса необходим переход на травопольную систему землепользования в севооборотах всех типов. 55 – 60% площади занято многолетними травами, что значительно поднимет уровень экологической безопасности территории, уменьшит дефляцию и дегумификацию почв.

Для иллюстрации выше сказанного в таблице 16 приводятся показатели баланса гумуса в различных типах севооборотов, используемых в зоне. Очевидно, что повышением в составе севооборотов доли многолетних трав, возможно достичь бездефицитного и даже положительного баланса гумуса.

Таблица 16 – Баланс гумуса и потребность в органических удобрениях

Тип и вид севооборота	Баланс гумуса, т/га	Внесение навоза, т	
		на 1 га севооборота	на 1 га поля
<i>Почвозащитные</i>			
1. Травяной 6-польный	+2,59	–	–

2. Зернопаротравяной с полосным размещением культур 5-польный	+0,10	–	–
Полевые			
1. Зернопаровой 4-польный	–2,40	24	6,0
2. Зернопаровой 6-польный	–2,50	25	4,2
3. Зернопаропропашной с донником на сидерат 6-польный	–2,76	28	4,7
4. Зернопаровой 5-польный	–3,43	34	6,9
5. Зернопаропропашной 4-польный	–3,46	35	8,7
Кормовые (без орошения)			
1. Кормовой 3-польный с донником	+0,30	–	–
2. Кормовой 7-польный, в т.ч. 4 года многолетние травы	0	–	–
3. Кормовой 2-польный	–1,60	16	8,0
Прифермские (на орошении)			
1. Кормовой 5-польный, в т.ч. 3 года многолетние травы	+1,50	–	–
2. Кормовой 2-польный	–1,30	13	6,5
3. Кормовой 3-польный	–2,70	27	9,0

Примечание: плюс – положительный баланс
минус – отрицательный

Решая задачу оптимизации агроландшафтов, очень важно провести интегральную оценку устойчивости геосистем, учитывая при этом качественные и количественные характеристики абиотических и биотических элементов ландшафта.

Количественная оценка устойчивости ландшафтов сухостепной Кулунды проведена с помощью коэффициента экологического состояния ландшафта. Этот коэффициент определяется как отношение площадей, занятых стабильными элементами ландшафта (леса, заказники, заповедники, естественные луга (сенокосы), пашня, занятая многолетними травами) к площадям, занятым нестабильными (дестабилизирующими) элементами ландшафта (обрабатываемая пашня, пастбища, земли под застройкой и дорогами, нарушенные земли и другие измененные элементы). Коэффициент экологического состояния ландшафта (таблица 17) показывает, что ландшафты Западной Кулунды имеют нестабильное состояние ($K_{сл}=0,58$).

Таблица 17 – Оценка устойчивости агроландшафтов сухостепной Кулунды

Административные районы	Показатели устойчивости			
	Коэффициент экологической стабильности	Коэффициент антропогенной нагрузки	Коэффициент эрозионной опасности	Коэффициент состояния ландшафта
Немецкий	0,16	3,87	0,52	0,15
Славгородский	0,23	3,51	0,58	0,26

Табунский	0,21	3,72	0,52	0,19
Кулундинский	0,21	3,53	0,53	0,17
Ключевской	0,22	3,26	0,60	0,33
Михайловский	0,36	2,82	0,54	1,13
Угловский	0,37	2,81	0,67	1,88
В целом по зоне	0,24	3,36	0,57	0,59

Ландшафты двух районов – Михайловского и Угловского, судя по величине коэффициента состояния ландшафта равного 1,12-1,87, считаются условно устойчивыми. Все остальные районы Западной Кулунды отличаются ярко выраженной неустойчивостью ландшафтов ($K_{сл} < 0,5$).

Для оценки влияния биотических элементов ландшафта на его стабильность используется коэффициент экологической стабильности ландшафта, расчёт которого проведён по В.А. Баранову. При его расчёте учитываются не только площадь элемента ландшафта, но и качество биотопа, структура биомассы, геологическое строение, местоположение и морфология поверхности.

Проведенные нами расчеты свидетельствуют о том, что в целом в зоне, вследствие высокой антропогенной нагрузки коэффициент экологической стабильности намного ниже порогового ($K_{эс} < 0,33$). Повышение его в Михайловском и Угловском районе не означает их экологического благополучия, эффект расчета складывается в этих районах за счет большего наличия ленточных боров и соленых озер (вода и лес имеют высокий показатель $K_{эс}$), так как географически эти районы расположены на бортах Кулундинского депрессии и находятся в дельтовой зоне Касмалинского и Барнкульского ленточных боров. В связи с этим отмечается самая низкая преобразованность территории для Михайловского и Угловского районов.

В современной научной литературе по вопросам экологии присутствует прецедент полемики о том, включать – ли в расчетах экологической стабильности территории всю площадь района или только земли сельскохозяйственного назначения и другие преобразованные человеком категории земель. Использование в расчетах $K_{эс}$ всей территории района в местностях с контрастными природными условиями (Угловский, Михайловский районы в

нашем случае) приводит к неоправданно завышенным показателям коэффициента экологической стабильности территории, хотя на землях с/х назначения этих районов экологическая обстановка более критическая, чем в северных районах зоны, ввиду преобладания песчаного и супесчаного гранулометрического состава почв. Искажение в расчетах получается за счет включения в расчеты площади ленточных боров, в целом не характерной для данной зоны растительной популяции, которая кардинального воздействия на природные условия с/х производства не оказывает, а обилие озер, в большинстве соленых, в Угловском районе обуславливает значительные соленакопление и образование солончаков на поверхности территории. В результате этих факторов площади с/х использования земель значительно сокращаются, что обеспечивает в этих районах более высокие показатели экологической устойчивости.

Оценка агроценозов проведенная на основе анализа структуры посевных площадей и анализа баланса гумуса в различных типах используемых севооборотов свидетельствует о том, что современное землепользование этой зоны не обеспечивает экологической безопасности с/х производства, как в растениеводстве, так и в животноводстве.

Существующая структура посевов не обеспечивает устойчивость агроландшафтов, создает условия для развития дефляционных процессов. Расчёт баланса органического вещества указывает, что агроландшафты в значительной степени утратили способность к воспроизводству почвенного плодородия, восстановлению и сохранению естественных ценозов. Последнее подтверждается снижением продуктивности сенокосов и особенно пастбищ, которая обусловлена повышением степени солонцеватости и засолённости почв кормовых угодий.

На фоне этих негативных явлений, наблюдается обмеление, высыхание озёр и болот и увеличение площади солонцов и солончаков. Это приводит к изменению соотношения средостабилизирующих и дестабилизирующих элементов в ландшафте. На снижение устойчивости агроландшафтов сухостепной Кулунды влияет геологическое строение и распространение лёгких по гранулометрическому составу почвообразующих пород.

ГЛАВА 3. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАШТАНОВЫХ ПОЧВ СУХОСТЕПОЙ КУЛУНДЫ

3.1. Почвы сухостепной Кулунды

Согласно почвенно-географическому районированию территории СССР (Российской Федерации) исследуемая территория является составной частью Сибирской провинции тёмно-каштановых и каштановых почв сухостепной зоны [17, 100, 107].

Пространственное распределение почв на территории Западно-Кулундинской подпровинции показано на карте-схеме (рисунок 9).

Зональные (автоморфные) каштановые и тёмно-каштановые почвы развиваются на хорошо дренированных пологоувалистых лёссовых плато суглинистого гранулометрического состава, а также низменных дренированных плоских древнеаллювиальных песчаных и супесчаных равнинах. Слабосформированные каштановые и тёмно-каштановые почвы формируются на слабовсхолмлённых переведением песчаных аллювиальных террасах вдоль древних ложбин стока.

Полугидроморфные и гидроморфные почвы сформировались на низменных слабодреннированных и недреннированных равнинах в резко выраженных депрессиях на тяжёлых породах, часто засоленных. Каштановые и тёмно-каштановые почвы в комплексе с солонцами степными распространены на более высоких супесчаных озёрных террасах.

Лугово-солонцово-солончаковые гидроморфные комплексы (луговые солонцы и солончаки, луговые солончаковатые почвы) встречаются на низких озёрных и речных супесчано-суглинистых террасах.

В пределах древних ложбин стока получили развитие дерново-слабоподзолистые (осолоделые) песчано-супесчаные почвы, сформировавшиеся под сосновыми ленточными и островными борами на древнеаллювиальных

бугристо-дюнных песках. Сосновые боры на дерново-слабоподзолистых песчаных почвах имеют большое водоохранное значение.

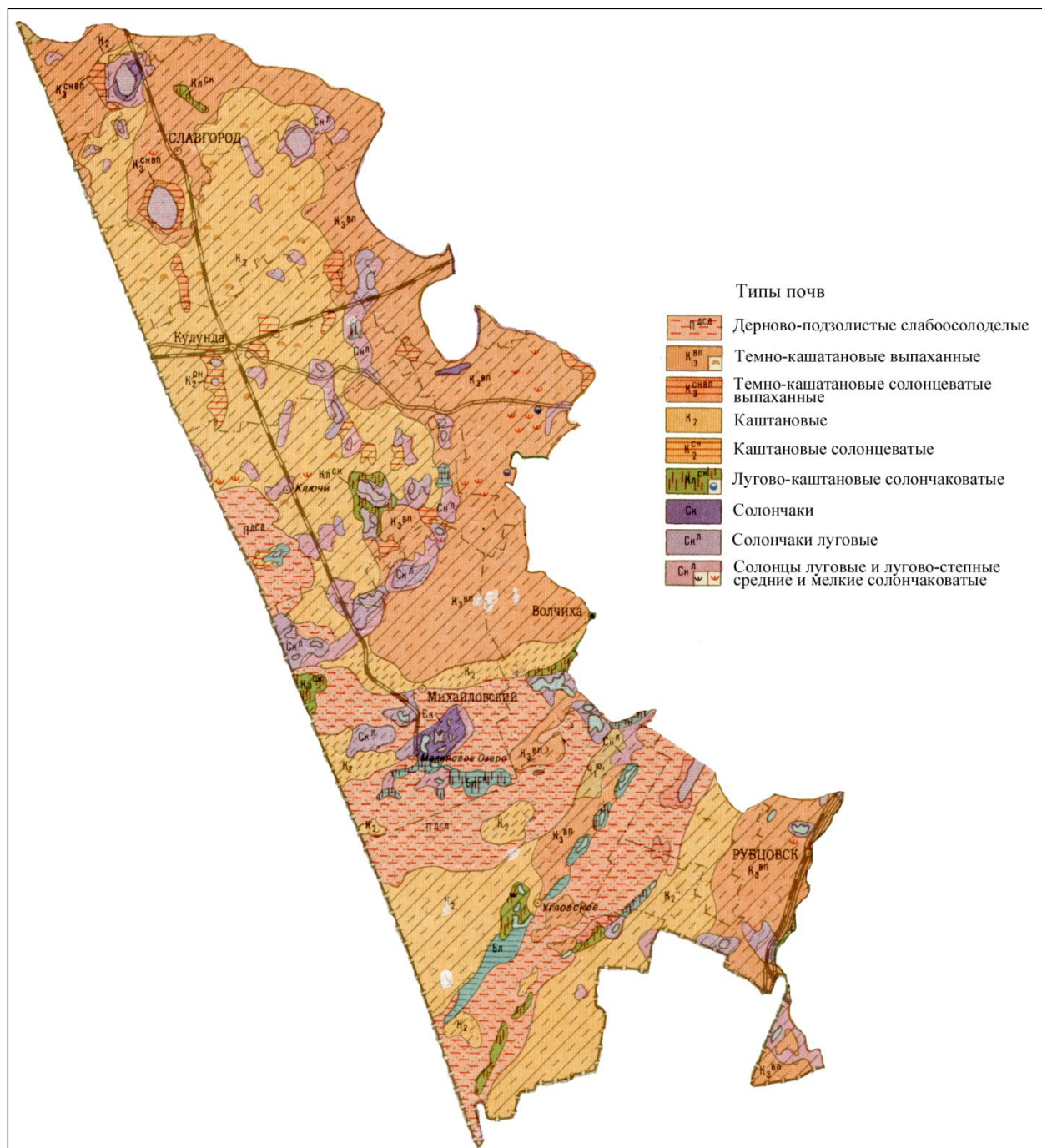


Рисунок 9 – Карта-схема пространственного распределения почв на территории Западно-Кулундинской подпровинции [17]

Каштановые почвы широко распространены крупными массивами на слаборасчленённых плоских равнинах сухостепной Кулунды. В пределах рассматриваемой территории встречаются каштановые и тёмно-каштановые почвы. По мере движения к Приобскому плато гранулометрический состав

становится тяжелее. Супесчаные почвы, широко распространённые в западной части подпровинции, сменяются в восточной части на легко- и даже среднесуглинистые. В том же направлении возрастает плодородие почв, увеличивается мощность гумусового слоя, содержание гумуса и азота. Каштановые почвы находятся в пашне.

Лугово-каштановые почвы встречаются среди каштановых почв в понижениях – приозёрных котловинах и склонах озёрных котловин. Они залегают в комплексе с луговыми и лугово-степными солонцами. Эти комплексы развиваются на супесчано-суглинистых отложениях при близком залегании (до 2-4 м) пресных или слабоминерализованных грунтовых вод. Соли появляются с глубины 50 см. Комплексы лугово-каштановых почв и солонцов используются как сенокосы и пастбища.

Луговые почвы формируются по низким террасам озёр, в условиях грунтового увлажнения и периодически возникающего поверхностного переувлажнения. Почвы залегают в комплексе с лугово-болотными почвами, луговыми солонцами и солончаками.

Лугово-болотные и болотные почвы занимают заболоченные низкие берега озёр. Грунтовые воды различаются по степени и химизму засоления и находятся на глубине 0,5-1,5 м. Весной затопляются поверхностными водами и используются в качестве малоценных пастбищ и сенокосов.

Солончаки занимают довольно значительные площади в комплексе с другими почвами, иногда образуют небольшие сплошные массивы. Они приурочены к безотточным депрессиям. Развиваются на слоистых озёрно-аллювиальных и аллювиальных отложениях разнообразного гранулометрического состава. Солончаки выделяются луговые и соровые.

Грунтовые воды залегают неглубоко (1-1,5 м), и имеют различную минерализацию (от 0,5 до 20-30 г/л и более). Сильноминерализованными являются хлоридно-сульфатные и сульфатно-хлоридные, среднеминерализованными – хлоридно-содовые и содово-хлоридные,

слабоминерализованными – преимущественно содовые. Луговые солончаки используются как пастбища и сенокосы с низкой продуктивностью.

Солонцы развиваются на периферии озёрных котловин. Степные солонцы практически не встречаются, лугово-степные солонцы формируются при залегании грунтовых вод на глубине 2-3 м, луговые – при глубине грунтовых вод до 2 м. В центральной Кулунде они часто легкосуглинистые и супесчано-песчаные. Растительный покров обычно изрежен и имеет неполную сомкнутость. Гумусовый горизонт колеблется от 5 до 20 см.

Ёмкость обмена в солонцах сухой степи составляет 10-20 мг-экв. В составе обменных катионов всегда определяется относительно большое количество натрия и магния. В надсолонцовом горизонте их сумма занимает 15-20 % ёмкости обмена. Более высокое содержание натрия и магния (30-80 %) ёмкости обмена приходится на солонцовый горизонт. Реакция среды в надсолонцовом горизонте близка к нейтральной (рН водный 6,5-7,5), в солонцовом и подсолонцовом – сильно щёлочная (рН водный 9,5-10). Освоение солонцов затрудняется комплексностью почвенного покрова, в котором они встречаются пятнами.

3.2. Оценка агрофизических свойств почв

Базовым агрофизическим параметром состояния каштановых почв сухостепной Кулунды является их гранулометрический состав. Классификация почв по гранулометрическому составу основана на соотношении фракций «физического песка» и «физической глины», принятой в России [54, 55, 153], с поправкой на свойства почв различного генезиса (таблица 18).

Таблица 18 – Классификационная шкала каштановых почв сухостепной Кулунды

Содержание физической глины, %	Класс почвы	Фракции		Число разновидностей
		Основная	Дополнительные	
10-20	Супесчаные	Песчаная	Иловатая Крупнопылеватая	2
20-30	Легкосуглинистые	Песчаная	Иловатая	3

			Пылеватая Крупнопылеватая	
30-45	Среднесуглинистые	Песчаная	Иловатая Крупнопылеватая	2
		Крупно- пылеватая	Песчаная	1

Пространственное размещение классов почв по территории сухостепной зоны Алтайского края представлено на рисунке 10. Супесчаные почвы господствуют в юго-западной части Бурлинского района, Славгородском, Табунском, Кулундинском, Ключевском районах, западной части Родинского района, севере и в центре Михайловского района Алтайского края.

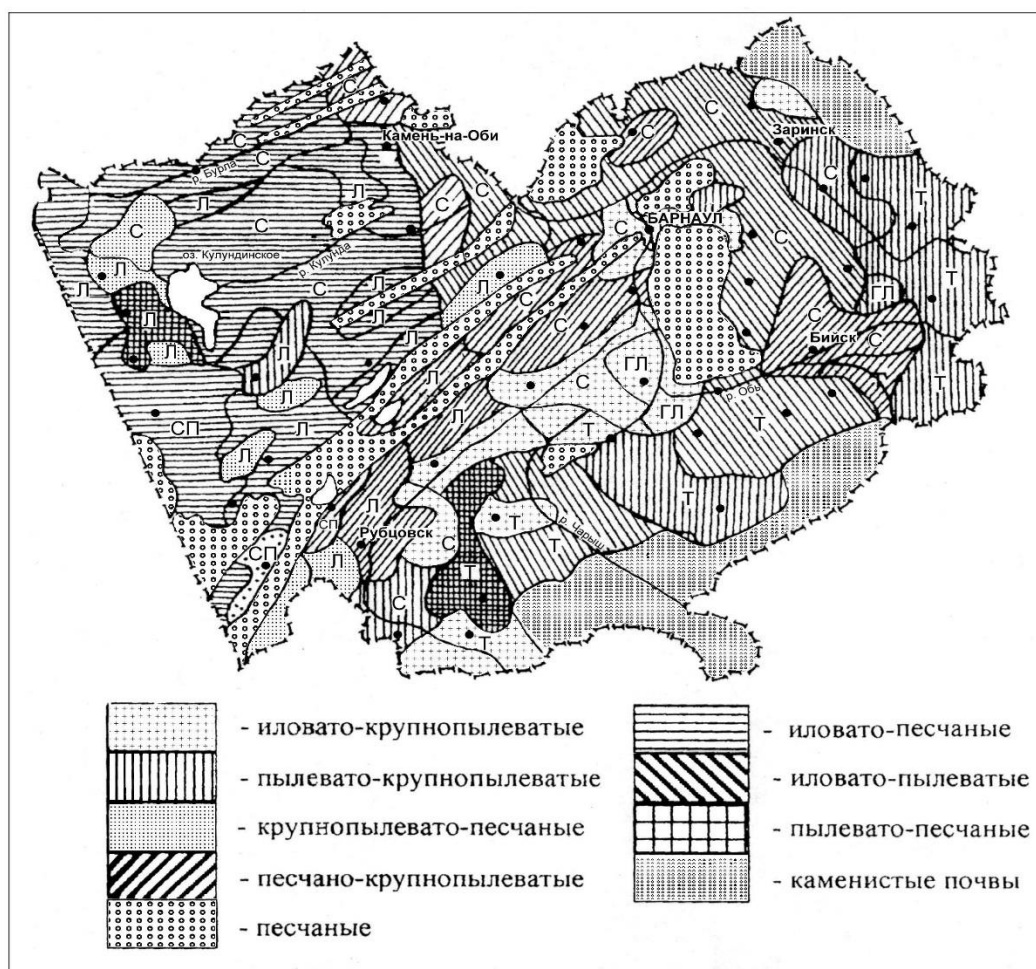


Рисунок 10 – Карта-схема гранулометрического состава почв сухостепной зоны (схема дана по материалам В.Л. Татаринцева [137] с некоторыми уточнениями автора работы)

Супесчаные почвы расположены на плоских древнеаллювиальных песчаных и супесчаных равнинах, раскинувшихся к западу от озёр Кулундинское и

Кучукское, покрытых до освоения человеком типчаково-ковыльными степями. Наиболее приподнятые пологоувалистые лёссовые плато, расположенные в зоне перехода Кулундинской депрессии в Приобское плато, также повышенные межозёрные террасы заняты каштановыми и тёмно-каштановыми почвами легко- и среднесуглинистого гранулометрического состава.

Статистические характеристики содержания гранулометрических фракций в сухостепных каштановых почвах представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Статистические характеристики содержания фракций частиц (%) в пахотном горизонте каштановых почв сухостепной Кулунды

Фракции частиц	Статистические характеристики						
	Минимум	Максимум	Среднее значение	Медиана	Мода	Дисперсия	Козф. вариации
<i>Супесчаные</i>							
крупнее 0,05 мм	51,2	85,3	73,7	73,7	74,7	5,7	7,8
0,05-0,01 мм	0,9	17,9	8,3	7,5	7,9	2,8	34,1
0,01-0,001 мм	1,0	11,6	6,3	6,0	5,4	1,8	28,0
мельче 0,001 мм	4,1	14,8	9,6	10,1	10,4	1,8	18,6
физическая глина (<0,01 мм)	10,8	20,0	16,0	16,0	17,5	1,5	9,6
<i>Легкосуглинистые</i>							
крупнее 0,05 мм	40,0	72,0	61,3	63,8	64,9	5,3	8,6
0,05-0,01 мм	4,6	35,0	12,7	11,1	10,4	5,1	39,9
0,01-0,001 мм	5,7	20,6	10,9	11,2	11,9	2,5	22,8
мельче 0,001 мм	5,5	18,4	12,6	12,6	11,5	2,1	17,1
физическая глина (<0,01 мм)	20,2	29,4	23,5	23,8	23,4	1,5	6,5
<i>Среднесуглинистые</i>							
крупнее 0,05 мм	23,9	62,5	38,1	35,7	36,0	6,4	16,9
0,05-0,01 мм	4,3	37,6	22,8	23,4	22,9	5,6	24,2
0,01-0,001 мм	13,2	31,3	18,7	18,9	18,2	3,0	16,1
мельче 0,001 мм	8,1	29,1	17,6	16,7	18,0	3,5	19,9
физическая глина (<0,01 мм)	30,2	44,9	36,4	35,6	36,1	2,4	6,7

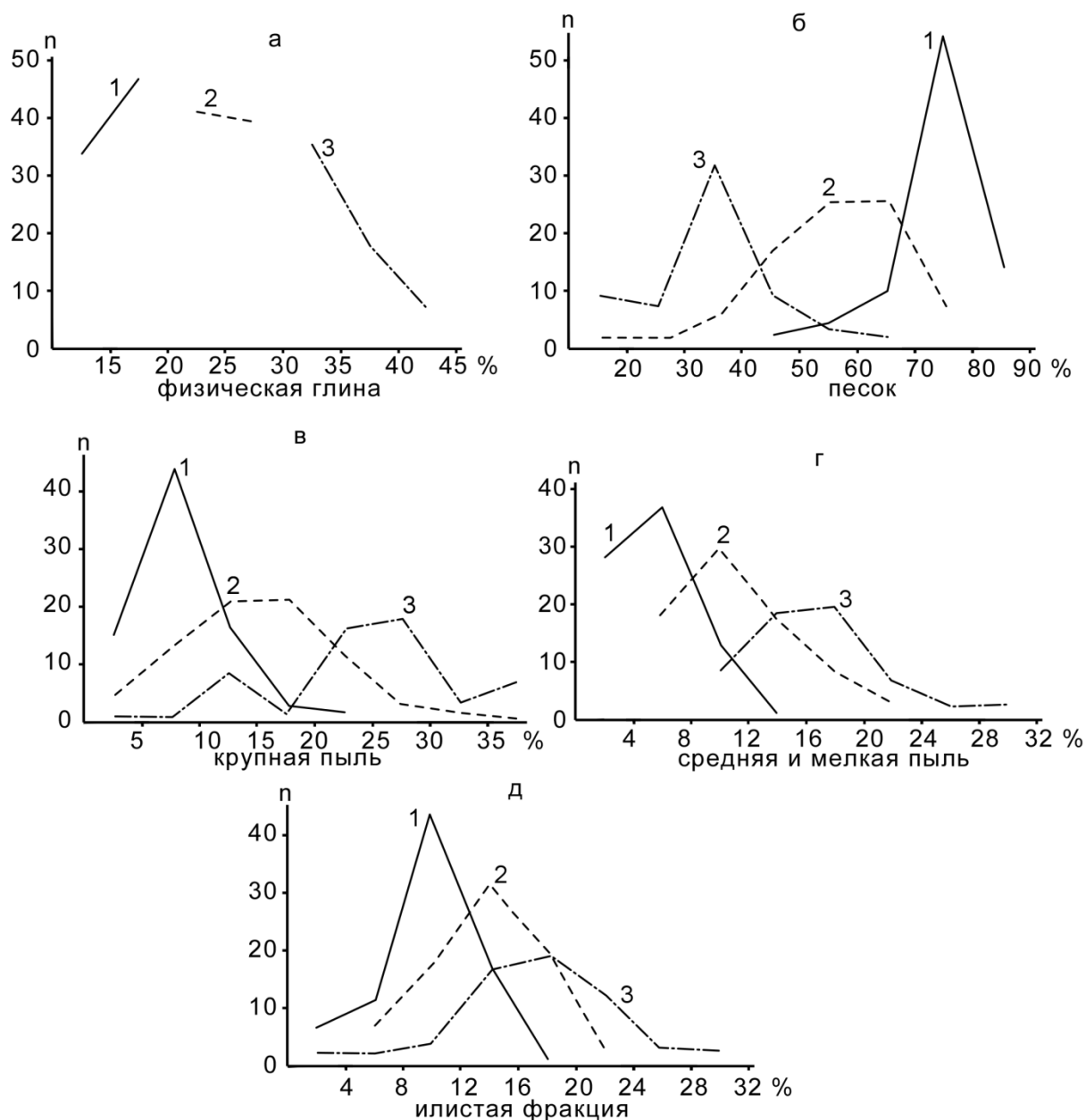


Рисунок 11 – Статистическое распределение содержания физической глины (а), песка (б), крупной пыли (в), средней и мелкой пыли (г), илистой фракции (д) в супесчаных (1), легкосуглинистых (2) и среднесуглинистых (3) почвах сухой степи

Из данных таблицы следует, что по мере движения от класса супесчаных почв к классу среднесуглинистых почв уменьшается минимальное, максимальное и среднее значение содержания песчаных фракций (крупнее 0,05 мм) и увеличиваются значения содержания крупной пыли (0,05-0,01 мм), суммы средней и мелкой пыли (0,01 – 0,001 мм), ила (менее 0,001 мм) и физической глины (менее 0,01 мм). При этом минимальное варьирование величины характерно для содержания песчаных фракций, максимальное – для фракций

крупной пыли. Остальные фракции, судя по величине коэффициентов, занимают промежуточное положение.

Статистическое распределение содержания «физической глины» и других фракций показывает (рисунок 11б), что классы почв имеют существенные различия, подтверждаемые критериями Колмогорова-Смирнова («лямбда»), величины которых выше всех требуемых порогов вероятности.

Наиболее вероятное или специфичное содержание песка в супесчаных почвах равно 70-80 %, в легкосуглинистых – 50-70 % и среднесуглинистых – 30-40 %. Однако в супесчаных почвах с наиболее вероятным содержанием песка 70-80 % обнаруживается только 66 % разрезов, в легкосуглинистых почвах 50-70 % песка содержат 65 % объектов. Из них половина объектов содержит 50-60%, другая половина – 60-70% песка. В среднесуглинистых почвах на объекты с содержанием песка 30-40 % приходится 53 % объектов выборки.

Наиболее вероятное содержание крупной пыли в супесчаных почвах лежит в границах 5-10 %, легкосуглинистых – 10-20 % и среднесуглинистых – 20-30 %. Доля разрезов с приведённым содержанием крупной пыли составляет соответственно 56, 54 и 58 %. Наиболее вероятное суммарное содержание средней и мелкой пыли и соответственно составляет – 4-8, 8-12 и 12-20 %, с долей разрезов по классам – 47, 62 и 68 %. Наиболее вероятное содержание илистой фракции (рисунок 11д) равно в супесчаных почвах 8-12 %, легкосуглинистых – 12-16 % и среднесуглинистых – 12-20 %. Доля значений, входящих в указанные интервалы, составляет соответственно 56, 45 и 60 %.

Формулы гранулометрического состава [23, 85, 128, 129, 130] имеют ярко выраженный для всех классов почв сухой степи минимум (рисунок 12) – содержание средней и мелкой пыли и максимум – содержание среднего и мелкого песка. Исключение составляет почвообразующая порода среднесуглинистых почв, в которых минимум характерен для содержания илистой фракции, а максимум – для содержания крупной пыли.

При этом количество песка от класса супесчаных почв к классу среднесуглинистых по горизонтам уменьшается на 33-59 %, а количество крупной пыли увеличивается на 18-34 %.

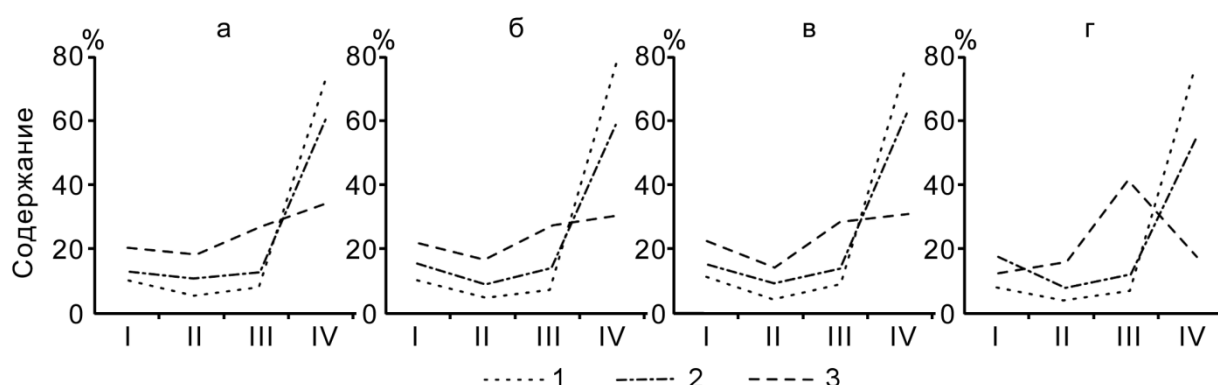


Рисунок 12 – Среднее содержание фракций песка (IV), крупной пыли (III), средней и мелкой пыли (II) и ила (I) в горизонтах $A_{пах}$ (а), B_1 (б), B_2 (в) и C_k (г):

1 – супесчаные, 2 – легкосуглинистые, 3 – среднесуглинистые

Таким образом, выделенные относительно специфичные состояния указывают на различие по структуре гранулометрических фракций (наиболее вероятные) состояния указывают на различие почв по структуре гранулометрического состава, которая влияет на агроэкологическое состояние и характер землепользования. Наиболее ценными в агроэкологическом отношении являются среднесуглинистые почвы, которые оказались самыми благоприятными при возделывании зерновых культур. Вследствие чего они оценены самым высоким баллом (таблица 20)

Таблица 20 – Агроэкологическая оценка гранулометрического состава почв для зерновых культур

Почвы	Оценка по гранулометрическому составу, балл		
	среднесуглинистые	легкосуглинистые	супесчаные
Светло-каштановые	–	6	4
Каштановые	10	7	5
Тёмно-каштановые	10	8	6
Лугово-каштановые	10	8	6

Агрофизические параметры состояния почв сухостепной Кулунды, представленные в таблице 21, указывают на увеличение количества истинных микроагрегатов размером 0,25-0,01 мм и водопрочных агрегатов крупнее 0,25 мм

по мере утяжеления гранулометрического состава. Однако структура каштановых почв неводопрочная. Количество водопрочных агрегатов крупнее 0,25 мм чуть больше 10 %.

Таблица 21 – Агрофизические показатели почв
сухостепной Кулунды (пахотный горизонт)

Параметры	Почвы		
	супесчаные	легкосуглинистые	среднесуглинистые
Количество истинных микроагрегатов 0,25-0,01 мм, %	4,8	14,2	29,5
Количество водопрочных агрегатов крупнее 0,25 мм, %	1,9	10,0	12,1
Плотность сложения пахотного горизонта, г/см ³	1,30-1,65	1,20-1,64	1,03-1,59
Пористость общая, % объёма	35-50	38-54	38-60
Воздухоёмкость, % объёма	14-36	8-33	6-32

В пахотном горизонте 60-70 % агрегатов крупнее 1 мм, что свидетельствует о высокой противодефляционной устойчивости почв. Однако слой 0-5 см в почвах сильно иссушен и агрегаты распадаются до размера элементарных частиц, размер которых меньше 1 мм. Отсюда фактическая противодефляционная устойчивость почв очень низка и обеспечивается за счёт растительности, прикрывающей почву.

По причине низкой водопрочности структуры каштановые почвы отличаются высокой плотностью пахотного горизонта.

Плотность пахотного горизонта по мере движения от супесчаных почв к среднесуглинистым уменьшается. В том же направлении растут интервалы варьирования плотности сложения пахотного горизонта, его общей пористости и воздухоёмкости.

Агроэкологическая оценка плотности сложения и пористости легко- и среднесуглинистых почв сухостепной Кулунды представлена в таблице 22.

Таблица 22 – Агроэкологическая оценка плотности и пористости
легко- и среднесуглинистых почв сухостепной Кулунды

Плотность, г/см ³	Общая пористость, % объёма	Оценка плотности	Оценка пористости
1,0-1,1	55-60	Пашня рыхлая	Отличная
1,1-1,2	50-55	Пашня слабо уплотнена	Хорошая для пахотного горизонта
1,2-1,3	45-50	Пашня уплотнена	Удовлетворительная для пахотного горизонта
1,3-1,4	40-45	Пашня сильно уплотнена	Неудовлетворительная для пахотного горизонта
1,4-1,5	35-40	Пашня чрезмерно уплотнена	Чрезмерно низкая

Наилучшие условия жизнеобитания сельскохозяйственных культур складываются при плотности сложения 1,0-1,3 г/см³ и пористости 45-60 % объёма. Из данных следует, что наиболее благоприятны физические свойства среднесуглинистых почв. Несколько хуже среда обитания на легкосуглинистых почвах [139].

Для супесчаных почв оптимальной считается плотность сложения в интервале 1,3-1,6 г/см³ и общей пористости 35-50 % объёма.

Агроэкологическая оценка супесчаных почв по агрофизическим свойствам приведена ниже (таблица 23), но они являются удовлетворительными для зерновых культур.

Наиболее часто встречающиеся (наиболее вероятные) значения величин плотности сложения в супесчаных почвах лежат в интервале 1,5-1,6 г/см³, легкосуглинистых – 1,4-1,5 г/см³ и среднесуглинистых – 1,3-1,4 г/см³. При этом общая пористость в легко- и среднесуглинистых почвах составляет – 45-50 % объёма, в супесчаных – 40-45 %. Воздухоёмкость в супесчаных и легкосуглинистых почвах чаще всего равна 20-25 %, а в среднесуглинистых – 15-20 %.

Таблица 23 – Агроэкологическая оценка плотности и пористости супесчаных почв сухостепной Кулунды

Плотность, г/см ³	Общая пористость, % объёма	Оценка плотности	Оценка пористости
1,3-1,4	50-45	Пашня рыхлая	Отличная
1,4-1,5	45-40	Пашня слабо уплотнена	Хорошая для пахотного горизонта
1,5-1,6	40-35	Пашня уплотнена	Удовлетворительная для пахотного горизонта
1,6-1,7	35-30	Пашня сильно уплотнена	Неудовлетворительная для пахотного горизонта

По причине неводопрочности почвенной структуры плотность сложения динамична во времени: низкие величины плотности сложения наблюдаются весной и в первой декаде июня. Затем растения быстро иссушают почву и плотность сложения почвы возрастает. В зависимости от гранулометрического состава равновесная плотность сложения составляет 1,3-1,6 г/см³. Таким образом, большую часть вегетационного периода (8-10 декад) растения находятся под влиянием высокой плотности сложения пахотного горизонта. Это влияние сопровождается снижением урожайности сельскохозяйственных культур.

Агротехнологические свойства (в частности сопротивление при обработке) сильно зависят от гранулометрического состава и динамической характеристики – влажности. Самое низкое удельное сопротивление имеют супесчаные почвы [137]. В легкосуглинистых почвах удельное сопротивление возрастает почти на 30 % по сравнению с супесчаными. В среднесуглинистых почвах в связи с меньшей глыбистостью пахотного горизонта, чем в легкосуглинистых почвах, удельное сопротивление снижается на 13 %. Более высокое влияние на величину удельного сопротивления оказывают многолетние культурные и естественные травы. Повышение удельного сопротивления при вспашке пласта многолетних трав (залежи) на супесчаных каштановых почвах составляет 40 %, среднесуглинистых – почти 80 %. Исследованиями В.Л. Татаринцева [137] установлено, что по степени влияния на удельное сопротивление, все почвенные факторы можно расположить в следующий ряд: состояние угодья, количество глыб крупнее 10 мм

при сухом просеивании, плотность сложения пахотного горизонта, содержание крупной пыли, количество водопрочных агрегатов размером 5-0,25 мм, содержание песка (1-0,05 мм), содержание физической глины. Все факторы расположены в ряд по мере снижения степени влияния.

Таким образом, наиболее ценными в агрономическом отношении являются каштановые среднесуглинистые почвы. На этих почвах менее всего сказывается влияние агрофизических параметров, ограничивающих урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность естественных кормовых угодий. Из почвенных факторов наибольшее ограничивающее влияние на урожайность зерновых культур оказывают содержание физической глины и реакция почвенного раствора (рН водной вытяжки). Гранулометрический состав определяет гидротермические условия пахотного горизонта (почвы в целом) и запас продуктивной влаги (смотрите ниже). Это подтверждают исследования Л.М. Татаринцева [146], Л.М. Татаринцева и соавторов [147], Б.В. Жандарова [44]. Ограничивающее влияние реакции почвенного раствора объясняется наличием солонцеватости в каштановых почвах, которая повышает рН водной вытяжки.

3.3. Оценка гидрофизических свойств почв

Познание особенностей водоудержания является важнейшей предпосылкой управления водным режимом почв, получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. К основным водно-физическим свойствам относятся влагоёмкость и водопроницаемость. Влагоёмкость почв оценивается с учётом их гранулометрического состава.

Самые высокие величины гидрофизических характеристик почв сухостепной Кулунды наблюдаются в среднесуглинистых почвах (таблица 24).

Исключением являются коэффициенты впитывания и фильтрации. Самые высокие их значения характерны для супесчаных почв, которые отличаются преобладанием крупных пор, хорошо проводящих влагу, как при неполном, так и при полном насыщении (до НВ) почвы водой. Различия между классами почв

лучше просматриваются по верхней границе интервала варьирования гидрофизических параметров. По нижней границе интервала варьирования классы почв очень близки, только по водоудерживающей способности почв, измеряемой величиной наименьшей влагоёмкости, выделяются среднесуглинистые почвы сухостепной Кулунды.

Таблица 24 – Гидрофизические показатели каштановых почв сухостепной Кулунды (пахотный горизонт)

Параметры	Гранулометрический состав		
	Супесчаные	Легко-суглинистые	Средне-суглинистые
Максимальная гигроскопическая влага, % массы	2,2-3,0	2,3-5,5	2,2-7,8
Влажность устойчивого завядания, % массы	3,6-4,6	2,9-8,1	3,8-9,8
Влажность разрыва капиллярной связи, % массы	9,3-11,2	9,0-19,1	11,9-21,5
Наименьшая влагоёмкость, % массы	13,3-16,0	12,8-24,0	16,5-30,5
Коэффициент впитывания, мм/час	91-120	44-160	52-120
Коэффициент фильтрации, мм/час	53-86	7-149	29-76

Оценка влагообеспеченности проводится по запасам продуктивной влаги в слое 0-20 и 0-100 см весной и перед посевом зерновых культур.

В сухостепной зоне 8 лет из 10 наблюдаются запасы продуктивной влаги в метровом слое не более 90 мм (см. раздел 2.2.). Указанная величина запасов продуктивной влаги характерна для легкосуглинистых каштановых почв. В зависимости от гранулометрического состава запасы продуктивной влаги перед посевом в пахотном слое супесчаных почв составляют 20-30 мм, легкосуглинистых – 30-50 мм и среднесуглинистых – 40-60 мм. Запасы влаги в метровом слое почвы представлены в таблице 25.

Максимально возможный (при НВ) запас продуктивной влаги в легкосуглинистых почвах на 30 мм больше, чем в супесчаных, но на 50 мм меньше, чем в среднесуглинистых. Этой разницы в запасах продуктивной влаги достаточно для того, чтобы на легкосуглинистых почвах дополнительно получить 0,3 т/га, на среднесуглинистых почвах 0,5 т/га по сравнению с супесчаными почвами. Реальная урожайность зерна яровой пшеницы на супесчаных почвах колеблется от 0,3 до 1,2 т/га, на легкосуглинистых – от 0,4 до 1,6 т/га и

среднесуглинистых – от 0,6 до 2,0 т/га. В особенно благоприятные годы на легкосуглинистых почвах получено 2,44 т/га [147, 139].

Таблица 25 – Запасы продуктивной влаги в слое 0-100 см в фазу кущения, мм

Доля от НВ	Каштановые почвы		
	Супесчаные	Легкосуглинистые	Среднесуглинистые
<0,5 НВ	<30	<40	<50
0,5-0,6 НВ	30-50	40-60	50-80
0,6-0,7 НВ	50-70	60-85	80-110
0,7-0,8 НВ	70-90	85-110	110-140
0,8-0,9 НВ	80-110	110-135	140-170
НВ	130	160	210

Учитывая данные по многолетней динамике (раздел 2.2.) запасов продуктивной влаги в каштановых легкосуглинистых почвах следует отметить, что к началу сева почва очень редко бывает насыщена влагой до наименьшей влагоёмкости. Чаще всего (8 лет из 10) запасы влаги находятся на уровне 70-90 % от наименьшей влагоёмкости. Супесчаные почвы по причине их меньшей влагоёмкости могут быть увлажнены до наименьшей влагоёмкости. Среднесуглинистые почвы запасают продуктивной влаги примерно столько же, сколько легкосуглинистые почвы.

Из общего запаса продуктивной влаги, накопленной в почве, на легкоподвижную влагу приходится 30-40 мм в супесчаных почвах и 50-70 мм в среднесуглинистых. При запасах влаги ниже 70 % от предельной полевой влагоёмкости (НВ), что соответствует влажности разрыва капиллярной влаги, доступность её для растений уменьшается, особенно доступность влаги снижается при приближении к границе влажности завядания. В этом случае формирование урожая целиком зависит от выпадения атмосферных осадков. Как было установлено необходимость атмосферных осадков возрастает в фазу кущения [22, 101, 146].

Диапазон влажности пахотного горизонта почв представлен в таблице 26.

Таблица 26 – Диапазон влажности пахотного горизонта
почв сухостепной Кулунды, % массы

Диапазон влажности	Гранулометрический состав		
	Супесчаные	Легкосуглинистые	Среднесуглинистые
Почвенная засуха	<3	<4	<5
Засушливая	3-5	4-6	5-7
Субоптимальная	5-11	6-13	7-17
Оптимальная	11-16	13-18	17-24
Обильная	16-20	18-22	24-27
Избыточная	>20	>22	>27

Из вышеприведённых данных по водно-физическим свойствам видно, что каштановые почвы сухостепной Кулунды различаются по водоудерживающей способности. Ниже приведена группировка почв по влагоёмкости (таблица 27). Судя по общим запасам влаги, почвы сухостепной Кулунды относятся к мало- и средневлагоёмким. Каштановые супесчаные почвы относятся к маловлагоёмким, однако имеют разные уровни диапазона активной влаги: очень низкий и низкий. Средневлагоёмкие каштановые почвы могут иметь три уровня диапазона активной влаги.

Таблица 27 – Группировка почв по общему запасу влаги (при НВ)
и диапазону активной влаги (ДАВ) в слое 0-100 см

Почвы	Наименьшая влагоёмкость		Диапазон активной влаги	
	мм	степень	мм	оценка ДАВ
Каштановые супесчаные	220	маловлагоёмкие	<110 110-140	очень низкий низкий
Каштановые легко- и среднесуглинистые	220-270	средневлагоёмкие	110-140 140-170 170-200	низкий средний высокий

Согласно агроэкологической оценке наименьшей или предельной полевой влагоёмкости (таблица 28) каштановые среднесуглинистые почвы обладают удовлетворительной или неудовлетворительной влагоёмкостью. Для каштановых легкосуглинистых и супесчаных почв характерна удовлетворительная влагоёмкость для полевых культур. По запасам продуктивной влаги в слое 0-20 и 0-100 см весной почвы сухостепной Кулунды среднесуглинистого состава следует считать хорошими в отдельные увлажнённые и влажные годы, в остальные годы накапливаются удовлетворительные запасы продуктивной влаги.

Таблица 28 – Агроэкологическая оценка наименьшей влагоёмкости

Влагоёмкость, % массы	Оценка
25-30	Удовлетворительная
20-25	Неудовлетворительная для суглинистых, удовлетворительная для легкосуглинистых
10-20	Удовлетворительная для полевых культур на супесчаных почвах
<10	Удовлетворительная для лесных культур

Легкосуглинистые почвы чаще всего накапливают удовлетворительные запасы продуктивной влаги, супесчаные, как правило, обладают плохими запасами доступной влаги, во влажные годы – удовлетворительными (таблица 29).

Таким образом, каштановые среднесуглинистые почвы имеют количественно самую высокую влагоёмкость, однако в силу незначительного количества осенне-зимне-весенних осадков эти почвы очень редко увлажняются до наименьшей влагоёмкости. Кроме того, вследствие высокой плотности профиля они быстрее расходуют влагу на суммарное испарение (транспирацию и физическое испарение), которая не может использоваться в полной мере растениями. В каштановых легкосуглинистых и супесчаных почвах количественно меньшие запасы продуктивной влаги не обеспечивают или слабо обеспечивают продукционный процесс сельскохозяйственных культур.

Таблица 29 – Агроэкологическая оценка запасов продуктивной влаги [23]

Мощность слоя почвы, см	Запасы воды, мм	Оценка запасов воды
0-20	>40	хорошие
	40-20	удовлетворительные
	<20	неудовлетворительные
0-100	>160	очень хорошие
	160-130	хорошие
	130-90	удовлетворительные
	90-60	плохие
	<60	очень плохие

При мелиоративной оценке водопроницаемости используется коэффициент впитывания за первый час наблюдения. По этому коэффициенту почвы подразделяются на три группы: 1) значительной водопроницаемости (более 150

мм/час); 2) средней водопроницаемости (150-50 мм/час); 3) слабой водопроницаемости (менее 50 мм). Согласно этой классификации почвы сухостепной Кулунды относятся к двум последним группам. Пониженная водопроницаемость определяется высокой плотностью сложения, неводопрочностью структуры и спецификой структуры гранулометрического состава (см. раздел 2.1.).

Согласно агроэкологической оценке водопроницаемости, предложенной Н.А. Качинским (1965) за первый час впитывания при напоре воды слоем 5 см и температуре 10 °С, исследуемые почвы сухостепной Кулунды относятся к четырём классам: 1) наилучшая (500-100 мм); 2) хорошая (100-70 мм); 3) удовлетворительная (70-30 мм); 4) неудовлетворительная (менее 30 мм).

При противоэрозионной оценке ливневых атмосферных осадков также используется водопроницаемость. Согласно агроэкологической оценке дождей и водопроницаемости почвы [5] исследуемые почвы Кулунды отличаются очень высокой водопроницаемостью (более 2 мм/мин) и высокой водопроницаемостью (2,0-0,5 мм/мин). Такой уровень водопроницаемости обеспечивает впитывание ливневых осадков любой интенсивности и продолжительностью до одного часа. Это подтверждается отсутствием эрозии во время выпадения ливневых дождей.

Важным показателем гидрологических условий является уровень грунтовых вод, который в автоморфных почвах сухостепной Кулунды отмечается на глубине 7-8 м от поверхности. При такой глубине залегания грунтовые воды даже в среднесуглинистых почвах не оказывают влияния на почвообразование, поскольку водоподъёмная способность в суглинках средних не превышает 3-4 м.

При высоком уровне грунтовых вод в полугидроморфных и гидроморфных условиях, которые создаются по понижениям, вокруг озёр, занятых сенокосами и пастбищами, необходим учёт их динамики в течение вегетационного периода. В этих случаях агроэкологическая ценность земель снижается и их продуктивность падает.

3.4. Оценка эрозии и дефляции почв

Целенаправленное исследование эрозионных процессов в пределах Алтайского края началось в 1961 году [96]. В результате обследований, проводимых в Алтайском крае, были установлены критерии и факторы эрозионной и дефляционной опасности сельскохозяйственных угодий. Результаты научных экспедиций и полевых обследований описаны в монографии «Почвы Алтайского края» [107] в научных трудах Л.О. Карпачевского [52, 53], А.Н. Каштанова [56], А.Д. Орлова [95]. Влияние эрозии и дефляции на агрофизические свойства изучал Л.М. Татаринцев [147], урожайность зерновых Б.В. Жандаров [44]. Водная и ветровая эрозия (дефляция) в первую очередь изменяют химические, агрофизические и гидрофизические свойства почв, однако агроэкологическая оценка эродированности и дефлированности почв сухостепной Кулунды не проводилась.

Как уже говорилось, сухостепная Кулунда представляет собой плоскую равнину, на которой уклоны поверхности в основном не превышают $0,5^\circ$. Поэтому эрозионные процессы проявляются на весьма ограниченных площадях. К эрозионноопасным территориям относится всего 1,2 % площади сельскохозяйственных угодий (рисунок 13).

Очень низкая степень эродированности сельскохозяйственных угодий (менее 1 % их площади) наблюдаются в пяти административных районах – Славгородском, Немецком, Табунском, Ключевском и Михайловском. Территории с повышенной степенью эродированности главным образом сосредоточены в южной части сухостепной Кулунды (Угловский район), где уклоны поверхности достигают $1,5-3^\circ$. Кулундинский район по степени эродированности занимает промежуточное положение [20].

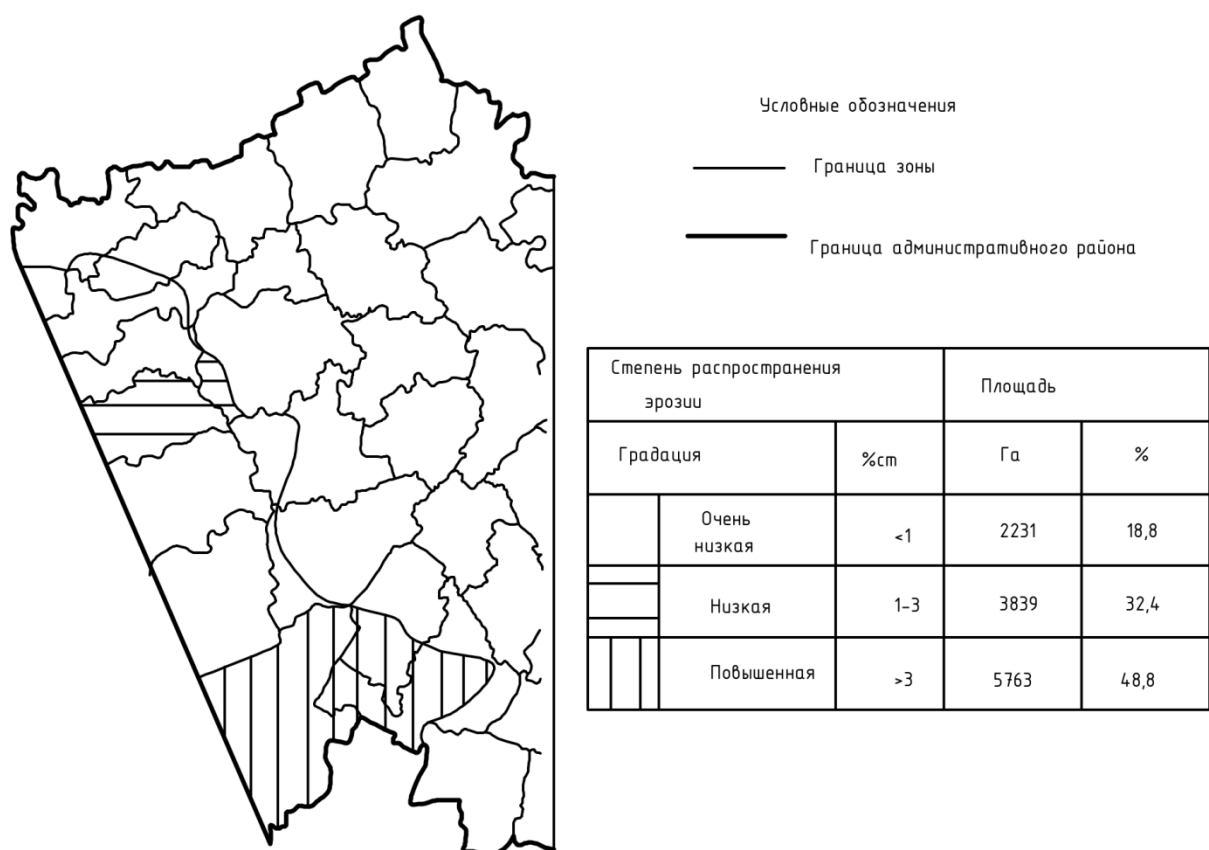


Рисунок 13 – Карта-схема эродированности пашни сухостепной Кулунды

По данным государственного учёта общая площадь эродированных сельскохозяйственных угодий в сухостепной Кулунде составляет всего 15 тыс. га или 1,2 % площади исследуемой территории (таблица 30).

Таблица 30 – Качественная характеристика сельскохозяйственных угодий сухостепной Кулунды, тыс. га

Качественная характеристика	Сельскохозяйственные угодья			
	Всего	в том числе		
		пашня	сенокосы	пастбища
Общая площадь	1227,3	866,5	50,3	247,3
Эрозионноопасные в том числе	15,0	12,0	0,7	2,2
Эродированные, всего	14,7	11,8	0,7	2,1
Слабоэродированные	13,0	10,5	0,5	1,7
Среднеэродированные	1,6	1,2	0,1	0,2
Сильноэродированные	0,1	–	0,1	–

При столь низкой доле эрозионноопасных угодий, 98 % от их площади оказалось подвержено эрозии. В составе эродированных угодий преобладают (88

%) слабосмытые почвы. На среднесмытые почвы приходится 11 % территории угодий. Очень незначительное распространение получили сильноэродированные почвы.

Эродированные почвы преимущественно встречаются в составе пашни (80 %), еще 14 % – в составе пастбищ. Небольшие площади эродированных почв встречаются на сенокосах. В составе пашни, сенокосов и пастбищ также преимущественное распространение получили слабосмытые почвы. Их доля в составе названных угодий соответственно составляют 89, 71 и 81 %. Оставшуюся часть площади пашни и пастбищ (11 и 19 %) занимают среднесмытые почвы. В сенокосах, кроме среднесмытых почв, встречаются также и сильносмытые почвы, которые занимают равные доли (по 14 % каждая).

Распределение эрозионноопасных земель по административным районам представлено в таблице 31.

Площадь эродированных почв по районам колеблется от 50 га в Немецком национальном районе до 5763 га в Угловском районе. В Ключевском районе все эрозионноопасные участки на пашне стали среднесмытыми, в Кулундинском и Табунском слабосмытыми. В Немецком национальном 96 % эрозионноопасных земель перешли в разряд среднесмытых и 4 % – слабосмытых. В остальных районах почвы потенциально опасные для эрозии стали слабосмытыми. Появление слабосмытых почв в составе пашни снизило урожайность зерновых на 25-30 %. При урожайности яровой пшеницы равной 1 т/га со всей эродированной пашни получаем упущенную выгоду в пределах 3750-3770 тонн зерна. Сложившаяся ситуация по трансформации эрозионноопасных почв в эродированные стала возможной по причине высокой антропогенной нагрузки. Распаханность только в Угловском и Михайловском лесопокрытых районах составляет 42-55 %. В остальных районах исследуемой территории доля пашни колеблется от 65 до 89 % площади районов. Максимальная распаханность характеризует Немецкий национальный район. В составе сельскохозяйственных угодий пашня занимает 61-93 % площадей.

Таблица 31 – Площади эродированных почв в составе сельскохозяйственных угодий по административным районам сухостепной Кулунды, тыс. га

Административные районы	Общая площадь	Эрозионно-опасные	Эродированные			
			Всего	в том числе		
				слабо	средне	сильно
Сельскохозяйственные угодья						
Немецкий	133,3	–	–	–	–	–
Славгородский	171,1	0,5	0,3	0,3	–	–
Табунский	165,4	1,7	1,7	1,7	–	–
Кулундинский	173,3	4,0	3,9	3,8	–	0,1
Ключевской	221,1	0,7	0,7	–	0,7	–
Михайловский	152,9	1,2	1,2	1,1	0,1	–
Угловский	210,2	6,9	6,9	6,1	0,8	–
Пашня						
Немецкий	123,4	–	–	–	–	–
Славгородский	124,6	0,5	0,2	0,2	–	–
Табунский	130,0	0,3	0,3	0,3	–	–
Кулундинский	138,8	3,8	3,8	3,8	–	–
Ключевской	158,0	0,7	0,7	–	0,7	–
Михайловский	93,9	0,9	0,9	0,9	–	–
Угловский	98,7	5,8	5,8	5,3	0,5	–
Сенокосы						
Немецкий	0,9	–	–	–	–	–
Славгородский	2,0	–	–	–	–	–
Табунский	8,8	–	–	–	–	–
Кулундинский	2,5	–	–	–	–	–
Ключевской	3,9	–	–	–	–	–
Михайловский	15,6	0,2	0,2	0,1	–	–
Угловский	16,5	0,5	0,5	0,4	0,1	–
Пастбища						
Немецкий	8,9	–	–	–	–	–
Славгородский	32,5	–	0,02	0,02	–	–
Табунский	22,9	1,3	1,3	1,3	–	–
Кулундинский	27,7	0,2	0,1	–	–	0,1
Ключевской	56,6	–	–	–	–	–
Михайловский	40,0	0,1	0,1	–	–	–
Угловский	58,7	0,6	0,6	0,4	0,2	–

Выше отмечалось, что сухостепная Кулунда отличается очень высокой дефляционной опасностью. Высокая дефляционная опасность обусловлена легким гранулометрическим составом почв, малым количеством осадков весной и в начале лета, значительной продолжительностью периода со скоростями ветра более 15 м/с, быстрым иссушением верхнего слоя почвы.

По данным государственного учёта общая площадь дефляционноопасных сельскохозяйственных угодий в сухостепной Кулунде составляет 1093 тыс. га или 89 % площади исследуемой территории (таблица 32).

Таблица 32 – Качественная характеристика сельскохозяйственных угодий сухостепной Кулунды, тыс. га

Качественная характеристика	Сельскохозяйственные угодья			
	Всего	в том числе		
		пашня	сенокосы	пастбища
Общая площадь	1227,3	866,5	50,3	247,3
Дефляционноопасные, всего	1093,5	862,0	40,6	152,2
в том числе:				
дефлированные, всего	1070,0	843,4	40,6	148,5
слабодефлированные	943,5	767,4	28,6	115,8
среднедефлированные	121,4	76,5	10,1	30,1
сильнодефлированные	5,1	2,0	1,4	1,7

Дефляцией нарушено 98,6 % площади дефляционноопасных угодий. На долю слабодефлированных угодий приходится 88 %, среднедефлированных – 11 %, сильнодефлированных – 1 % площади дефлированных почв. Вполне естественно, что наиболее уязвимой для развития дефляции является пашня. В составе дефлированных земель дефлированная пашня составляет 79 %. Почти 14 % дефлированных почв находится на пастбищах и оставшиеся 7 % приходятся на сенокосы.

Во всех угодьях в основном распространены слабодефлированные почвы. Их доля в составе пашни 91 %, сенокосов – 70 % и пастбищ – 78 %. Среднедефлированные почвы занимают в пашне 9 %, сенокосах – 25 % и пастбищах – 20 %. На сильнодефлированные почвы остается 5 % сенокосов и 2 % пастбищ.

Степень дефлированности изучаемой территории показана на рисунке 14. Степень дефлированности сельскохозяйственных угодий по административным районам колеблется от 79 до 93 %. Доля дефлированных почв по районам занимает от 87 до 100 % площади дефляционноопасных земель. В пашне доля дефлированных почв составляет 73-100 %.

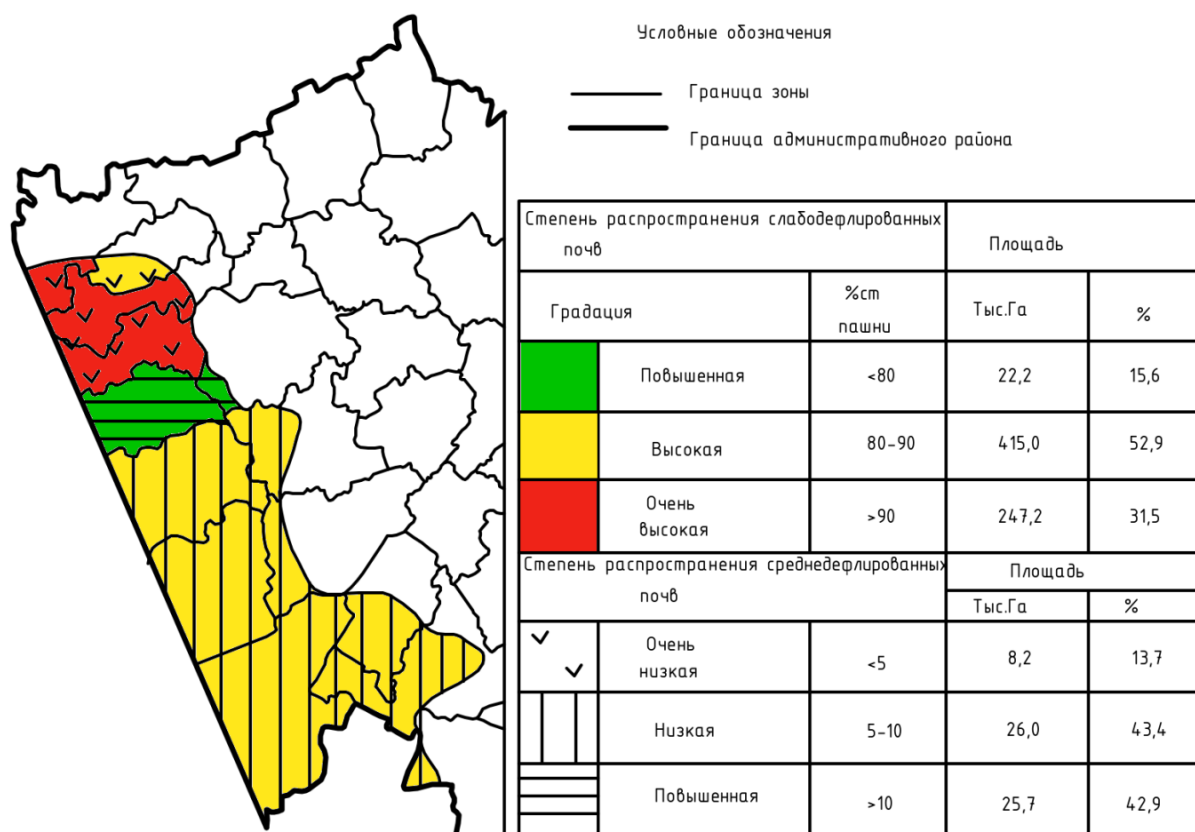


Рисунок 14 – Карта-схема дефлированности пашни сухостепной Кулунды

Минимальная доля дефлированности пашни характерна для Кулундинского района, максимальная – для Славгородского и Табунского. Оставшиеся четыре района имеют степень дефлированности в интервале 86-90 %. Территории с высокой степенью дефлированности занимают почти 53 % площади пашни сухостепной Кулунды. Около трети пашни отличаются очень высокой степенью дефлированности. Характеристика дефляционной опасности почв сухостепной Кулунды по административным районам представлена в таблице 33. В составе пахотных угодий административных районов сухостепной Кулунды преобладают слабодефлированные почвы (73-98 %). Среднедефлированные почвы в пашне составляют от 1,7 до 25,7 % площади пашни. На долю сильнодефлированных почв приходится 0,1-1,1 %. Самые большие площади среднедефлированных почв сосредоточены в Кулундинском районе, а самые незначительные в Славгородском и Табунском районе. Наибольшее распространение сильнодефлированные почвы получили в пахотных угодьях Табунского района.

Таблица 33 – Площадь дефлированных почв в составе сельскохозяйственных угодий по административным районам сухостепной Кулунды, тыс. га

Административные районы	Общая площадь	Дефляционноопасные	Дефлированные			
			Всего	в том числе		
				слабо	средне	сильно
Сельскохозяйственные угодья						
Немецкий	133,3	128,6	111,7	105,2	6,5	–
Славгородский	171,1	143,3	142,1	135,9	6,2	0,1
Табунский	165,4	156,4	154,4	144,6	7,9	1,9
Кулундинский	173,3	158,0	158,0	117,2	40,7	–
Ключевской	221,1	199,6	195,6	183,0	16,6	–
Михайловский	152,9	123,7	121,4	103,5	15,2	2,8
Угловский	210,2	183,9	183,2	154,1	28,3	0,3
Пашня						
Немецкий	123,4	123,4	107,6	101,8	5,7	–
Славгородский	124,6	124,6	124,6	122,3	2,2	0,1
Табунский	130,0	129,2	128,8	124,9	2,4	1,5
Кулундинский	138,8	137,9	137,9	102,2	35,7	–
Ключевской	158,0	157,9	157,9	143,2	14,7	–
Михайловский	93,9	90,3	88,3	81,4	6,5	0,4
Угловский	98,7	98,7	98,3	88,6	9,7	–
Сенокосы						
Немецкий	0,9	0,4	0,3	0,3	–	–
Славгородский	2,0	1,3	1,2	0,9	0,3	–
Табунский	8,8	8,5	8,5	6,0	2,4	0,1
Кулундинский	2,5	2,4	2,4	1,6	0,8	–
Ключевской	3,9	2,9	2,9	2,0	0,4	–
Михайловский	15,8	12,4	12,3	8,1	2,9	1,3
Угловский	16,5	13,0	13,0	9,7	3,3	–
Пастбища						
Немецкий	8,9	4,8	3,9	3,1	0,8	–
Славгородский	32,5	17,4	16,4	12,7	3,7	–
Табунский	22,9	18,7	17,0	13,6	3,1	0,3
Кулундинский	27,7	17,6	17,6	13,4	4,2	–
Ключевской	56,6	38,9	38,9	37,4	1,5	–
Михайловский	40,0	20,9	20,8	13,9	5,8	1,1
Угловский	58,7	33,9	33,9	21,7	11,0	0,3

В составе пастбищ дефлированные почвы составляют 35-66 % их площади. В сенокосах на долю дефлированных почв приходится от 33 % в Немецком районе до 97 % в Табунском. Таким образом, сенокосы и пастбища не выполняют средостабилизирующую функцию. Использование этих угодий не обеспечивает воспроизводство почвенного плодородия. В итоге агроландшафты являются неустойчивыми и их качественные характеристики ухудшаются.

Согласно классификации почв по экологической напряженности [21] слабодефлированные почвы следует отнести к зоне «умеренного риска», среднедефлированные к зоне «повышенного риска». Сильнодефлированные почвы включаются в зону «умеренного кризиса». Для оценки экологической напряженности по районам сухостепной зоны проведён расчёт средневзвешенного балла экологической напряжённости территории районов с учётом относительного вклада в структуру пашни почв разной степени дефлированности. При этом для недефлированных почв соответствующих «норме» присвоен балл 0, слабодефлированных – 1, среднедефлированных – 2 и сильнодефлированных – 3. Средневзвешенный балл экологической напряженности, полученный при расчёте, по районам колеблется в интервале 1,02-1,30. Все районы по баллам экологической напряженности войдут в зону «умеренного риска». Однако, судя по размаху колебания балла экологической напряженности, районы по агроэкологическому состоянию все же разные. В пяти районах балл равен 1,02-1,09, тогда как в Кулундинском районе балл экологической напряженности составил 1,25, в Немецком национальном – 1,3.

При агроэкологической оценке эродированности почвенного покрова пашни (RESC), рассчитанный по методике, приведённой в монографии А.Л. Черногорова и др., [154], природно-ресурсный потенциал почв сухостепной зоны сократился по районам на 23-29 %. Урожайность зерновых культур уменьшилась на 25-30 % по сравнению с исходно неэродированными почвами, которых осталось в сухостепной зоне всего 2 % от площади пашни. Примерно настолько же снизилась продуктивность естественных кормовых угодий (сенокосов и пастбищ). Снижение продуктивности каштановых почв сухостепной Кулунды обусловлено потерями гумуса и отчуждением (в результате дефляции) верхнего гумусового горизонта.

Исходно каштановые почвы обладали небольшой мощностью гумусового слоя (А+В), которая колебалась по районам от 33 (Михайловский район) до 48 см (Ключевской район). В результате дефляции мощность гумусового слоя уменьшилась на 20-49 %, т.е. почвы потеряли от 7 до 24 см верхнего самого

плодородного слоя. Исходно каштановые почвы содержали около 3 % гумуса в горизонте А. В настоящее время содержание гумуса в этом горизонте уменьшилось до 1,6-2,1 %. Потери гумуса составили от 27 до 51 %. Абсолютное уменьшение гумуса достигло 0,8-1,6 %. Исследования Л.М. Бурлаковой [22], А.Е. Кудрявцева [73] показали, что потеря 10 см гумусового слоя и 1 % гумуса сопровождается потерей 3 ц/га зерновых. В нашем случае потери зерна около 5-6 ц/га, что указывает на явное ухудшение агроэкологического состояния каштановых почв.

В среднем урожайность зерновых культур снижается на слабодэфлированных почвах до 25 %, на среднедефлированных от 25 до 40 % и сильнодефлированных от 40 % и более. Использовать в земледелии сильноэродированные и сильнодефлированные почвы экономически невыгодно, поскольку они потеряли наполовину свою способность производить урожай растений. В современных условиях сильноэродированные и сильнодефлированные почвы целесообразнее «консервировать» через залежь или посевом многолетних трав.

3.5. Агроэкологическая модель эффективного плодородия каштановых почв

Антропогенное воздействие на почвенный покров, агроландшафт и биосферу в целом в значительной мере изменило условия для их устойчивого функционирования. Это воздействие стало причиной региональных агроэкологических проблем: массовая деградация земель, качественное ухудшение их экологического состояния и функциональных возможностей. Антропогенные изменения почв приводят к качественному ограничению их функционального и агроэкологического состояния. Об этом свидетельствуют выше приведённые данные по агроэкологической оценке земель сухостепной Кулунды.

Выявленные проблемные ситуации ещё можно решить, но для этого важно оценить потенциальное (устойчивое, самовоспроизводимое) и реальное

(эффективное, актуальное) плодородие почв и установить лимитирующие факторы, ограничивающие продуктивность почв. Управление воспроизводством почвенного плодородия – это одна из основных задач охраны почв сельскохозяйственных угодий [140].

Под управлением почвенным плодородием будем понимать целенаправленное изменение его основных характеристик для достижения желаемого (проектируемого) состояния почв, обеспечивающего высокую продуктивность агроценозов и устойчивое функционирование агроландшафтов. На практике задача управления плодородием сводится к определению почвенных и других параметров, требующих корректировки, изменения до заданных значений и необходимых для этого мероприятий. Научное управление всегда предполагает агроэкологическую оценку возможных состояний параметров природных и почвенных условий.

При проектировании состояний почв широко используется моделирование (физическое, математическое). В Алтайской школе почвоведов [21, 22, 44, 73, 79, 114, 139, 146 и др.] при построении моделей прогнозного характера, для выявления взаимосвязей между урожайностью и факторами её определяющими, и количественной (агроэкологической) оценкой таких взаимосвязей широко применяется информационно-логический метод анализа. Этот метод использовал и автор настоящей работы.

«Оценка взаимосвязей природных явлений и процессов с использованием этого метода анализа данных приводится в ряде работ [13, 15, 16, 19, 37, 154 и др.]. Этот метод использован при оценке противозерозионной устойчивости ландшафта [159], упорядоченности структур почвенного покрова [153]. Опыт применения информационного анализа в мелиоративных исследованиях с целью выявления взаимосвязей между элементами ландшафта показан в работе В.Д. Ралько [113]. Повышенный интерес к этому методу обусловлен тем, что он не требует линейности связей, строгой упорядоченности исходных данных. Однако использование многих факторов все же затрудняет распознавание функций в

многозначной логике. Поэтому из всех факторов выделяют ведущие, определяющие, и на их основе делают логическое высказывание» [147].

Количественная оценка взаимосвязей между урожайностью и факторами плодородия проведена с учётом рекомендаций других исследователей [109, 110, 16, 79, 44, 114 и др.]. Используя информационный анализ, выделены ведущие агроэкологические факторы, на основе которых в соответствии со степенью их связи с урожайностью, определённой по коэффициенту эффективности канала связи (К), предложено логическое высказывание [20]:

$$Y = W_{\text{ф.к.}} > \text{ГТК}_3 > \text{ГТК}_1 > \sum t > 10^\circ > O_7 > W_1 > \text{ТП}_{\text{ф.к.}} > \text{ФГ} > \rho_{\text{Нв}},$$

где $W_{\text{ф.к.}}$ – запас влаги в слое 0-100 см в фазу кущения, мм; (К=0,7478);

ГТК_3 – гидротермический коэффициент по Селянинову за июнь-июль; (К=0,7407)

ГТК_1 – гидротермический коэффициент по Селянинову за вегетационный период; (К=0,7109);

$\sum t > 10^\circ$ – сумма температур воздуха выше 10 °С за вегетационный период; °С (К=0,6725);

O_7 – количество атмосферных осадков за июль, мм; (К=0,6095);

W_1 – запас продуктивной влаги в слое 0-100 см перед посевом, мм; (К=0,5733);

$\text{ТП}_{\text{ф.к.}}$ – сумма температуры почвы выше 10 °С на глубине 10 см в фазу кущения, °С; (К=0,4561)

ФГ – содержание физической глины, % (К=0,4027);

$\rho_{\text{Нв}}$ – водной суспензии (К=0,3568).

Факторы, определяющие урожайность яровой пшеницы, расположены в ряд по мере убывания величины коэффициента эффективности канала связи (К).

Пространственная изменчивость определяется гранулометрическим составом, от которого зависят агроэкологические характеристики почв, в частности, запасы продуктивной влаги в метровом слое в начале вегетационного периода (V-VI месяцы) и в фазу кущения, а также сумма температур более 10 °С

на глубине 10 см в фазу кущения. В агроэкологическом плане более ценны среднесуглинистые почвы.

Информационный анализ показал особенно высокую информативность (эффективность канала связи) между урожайностью зерновых и таких факторов, как запас продуктивной влаги в метровом слое в фазу кущения и сумма температур более 10 °С в пахотном слое почвы за вегетационный период. Оптимальный параметр расхода продуктивной влаги из слоя почвы 0-100 см должен составлять от 120 мм. Наиболее благоприятная сумма температур больше 10 °С в пахотном слое за VI-VII месяцы должна быть в интервале 1100-1200°. При оптимальном состоянии этих факторов формируется самая высокая (более 1,8 т/га) урожайность яровой пшеницы. Такой уровень урожайности бывает один раз в 10 лет. Восемь лет из 10 урожайность яровой пшеницы находится в интервале 0,4-1,8 т/га. На тепло- и влагообеспеченность влияет гранулометрический состав. Сумма температур выше 10 °С на глубине 10 см в супесчаных почвах на 100-200° больше, а запас продуктивной влаги в метровом слое на 50-70 мм меньше. Различие характеристик между супесчаными и суглинистыми почвами обеспечивает разницу в урожайности зерновых равную 0,5-0,7 т/га.

Однако главная роль в формировании урожая зерновых культур принадлежит не почвам и их агрофизическим или агроэкологическим свойствам, а гидротермическим условиям, которые имеют широкий диапазон варьирования по годам и в пределах вегетационного периода.

По данным О.Г. Пахоми и соавторов [102, 103, 104] урожайность яровой пшеницы с 1971 по 2003 годы колебалась от 0,5 до 2,44 т/га. Размах варьирования составил 1,9 т/га. Такое варьирование обусловлено погодными условиями исследуемых лет (см. раздел 2.2.).

В изученный ряд лет гидротермический коэффициент находился в интервале 0,4-1,4 – от экстремально сухих до влажных. Сумма температур воздуха выше 10 °С колебалась от 2350° в сухие годы до 1800° во влажные. Сумма температур почвы выше 10 °С в июне-июле, наиболее влияющих на урожайность яровой пшеницы, изменялась от 1220 до 1450°. В фазу кущения, самую

ответственную за урожай, температура почвы на глубине 10 см может варьировать в границах 17,5-26,6°.

Сумма осадков за вегетационный период (май-август) изменялась от 70 до 270 мм, сумма осадков за июнь – от 15 до 105 мм. В июле количество осадков варьировало в границах 15-125 мм. Запасы продуктивной влаги перед посевом в метровом слое составляли от 50 до 170 мм. Степень увлажнения почв находилась в интервале 50-100 % предельно полевой влагоёмкости. Запас продуктивной влаги в метровом слое в фазу кущения колебался от 25 до 125 мм. Оптимальным значениям соответствуют только агроклиматические параметры влажных лет, которые в этой зоне встречаются крайне редко, всего три раза за 33-летний период. Близкие к оптимальным значениям «увлажнённые» годы встречаются два раза в 10 лет. Остальные 7-8 лет относятся чаще всего к сухим и засушливым, урожайность яровой пшеницы в эти годы колеблется от 0,4 до 1,6 т/га. Весь интервал урожайности яровой пшеницы, наблюдаемых в течение 33 лет, разделен на 9 рангов с шагом в 3 ц/га. В сухие годы наиболее вероятна урожайность 6-9 ц/га (3 ранг). В засушливые годы урожайность соответствует 3-4 рангам (6-12 ц/га), в средние – 4-5 рангам (9-15 ц/га). В увлажнённые и влажные годы урожайность достигает 15-21 ц/га (6-7 ранги). Средневзвешенная урожайность яровой пшеницы за 33 года составила 1,1 т/га. С учётом потерь урожая за счёт дефляции исходная урожайность на каштановых почвах была на уровне 1,4-1,5 т/га, которая соответствует состоянию «норма». При однофакторном анализе доля влияния изученных факторов колебалась от 20 до 60 %. Доля участия первых пяти факторов в формировании урожайности зерновых составляет 74 %.

Сравнительно невысокая агроэкологическая ценность почв Западной Кулунды в перспективе будет уменьшаться, потому что сохранились стереотипы использования почв, которые стали причиной опустынивания этой территории. На развитие процессов опустынивания в сухостепной зоне указывают Л.М. Бурлакова [21], Б.В. Жандаров [44] и другие исследователи. В частности в сухой степи высокая распаханность (таблица 34). Чрезвычайная степень распаханности в Немецком национальном районе, где пашня занимает 87 % площади

сельскохозяйственных угодий. Самая низкая распаханность характерна для Михайловского и Угловского районов, территория которых сильно залесена и пахотнопригодных территорий немного. Распашка лёгких по гранулометрическому составу почв в прошлом способствовала развитию процессов дефляции. Коэффициент эродированности пашни равный единице указывает на повсеместное распространение в пашне слабодефлированных почв. Более высокий коэффициент эродированности пашни в Кулундинском районе обусловлен появлением в пахотных угодьях средне- и сильнодефлированных почв. Развитию дефляционных процессов способствует нерациональная структура посевных площадей, в составе которой много сельскохозяйственных культур, не обеспечивающих защиту почв от дефляции, а самое главное воспроизводство органического вещества, в частности его лабильной части. Положительный баланс органического вещества в этом случае не достигается, а агроэкологическая ценность почв снижается, поскольку из почвы теряется гумус, элементы минерального питания, влага.

Таблица 34 – Экологическая оценка землепользования

Административные районы	Степень распаханности, %	Коэффициент эродированности пашни, балл	Коэффициент эрозийной опасности структуры посевов	Коэффициент антропогенной нагрузки, балл	Коэффициент экологической стабильности	Коэффициент состояния ландшафта
Немецкий	87	1,30	0,51	3,89	0,18	0,12
Славгородский	60	1,02	0,68	3,53	0,27	0,20
Табунский	73	1,04	0,66	3,71	0,25	0,17
Кулундинский	71	1,25	0,61	3,66	0,24	0,14
Ключевской	52	1,09	0,71	3,50	0,28	0,07
Михайловский	31	1,05	0,71	3,35	0,32	0,24
Угловский	21	1,09	0,46	3,32	0,42	0,62

Экологические показатели состояния территории указывают, что в Кулундинском, Табунском и особенно Немецком национальном районах земли испытывают значительную антропогенную нагрузку (балл близкий к 4). В других районах подзоны нагрузка уменьшается до средней (балл 3). Территория всех

районов за исключением Угловского является экологически нестабильной. Коэффициент экологической стабильности ниже 0,33 [148]. Лишь территория Угловского района после проведения определённых мероприятий по изменению соотношения сельскохозяйственных угодий, структуры посевных площадей стала экологически неустойчиво стабильной. Коэффициент состояния ландшафта, рассчитанный как отношение площади средостабилизирующих компонентов ландшафта к площади средодестабилизирующих компонентов ландшафта, свидетельствует о катастрофическом положении агроландшафтов. В них практически отсутствуют природные (или квазиприродные) компоненты, которые улучшают состояние ландшафта и его функционирование, повышая тем самым агроэкологическую ценность ландшафта в целом и его компонентов в частности.

Примером положительного влияния антропогенной деятельности могут служить Угловский район, в котором после проведения определённых мер удалось улучшить состояние ландшафта. Хотя судя по величине коэффициента состояния ландшафта, задача по охране ландшафтов и почв в районе до конца не решена. Оптимальным считается состояние ландшафта, для которого коэффициент состояния ландшафта будет более 0,80 [148].

ГЛАВА 4. ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ АГРОЛАНДШАФТОВ И РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОХРАНЫ ЗЕМЕЛЬ

Из предшествующего анализа агроэкологического состояния почв, очевидно, что растения по-разному реагируют на состояние среды (тепловлагообеспеченность, агрофизические характеристики почв и т.п.), давая разную величину урожая в зависимости от динамики параметров среды. Чтобы сформировать систему управления эффективным плодородием (систему земледелия), адаптированную к агроэкологическим факторам. Необходимо выделить агроэкологические типы земель и установить ограничивающие или лимитирующие факторы, которые следует оптимизировать, одновременно решая задачи охраны земель.

4.1. Агроэкологическое зонирование территории сухостепной Кулунды

Основанием (фундаментом) агроэкологической типологии земель является «экологическая типология земель», основы которой заложил Л.Г. Раменский [111]. «Он рассматривал тип земель как тип среды, определяющий естественную растительность и пути её хозяйственного использования» [63, стр. 220]. По мнению Раменского «экологический тип земель» представляет собой совокупность участков, сходно реагирующих на изменения природной среды, в том числе и на мероприятия по её использованию. Л.Г. Раменский использовал «экологический тип» применительно к природным угодьям. В.И. Кирюшин предложил применять это понятие по отношению к полю (полевым культурам), назвав его «агроэкологическим типом земель». В.И. Кирюшин понимает под агроэкологическим типом земель «территорию, однородную по агроэкологическим требованиям возделывания сельскохозяйственной культуры или близких культур» [63, стр. 221]. Агроэкологический тип земель интегрирует в себе адаптивный потенциал растений, природно-ресурсный потенциал и производственный потенциал товаропроизводителей [61].

Используя подход В.И. Кирюшина, мы провели группировку агроэкологических типов земель, ранжированных по принципу усложнения факторов, ограничивающих возделывание зерновых культур, включая способы их преодоления. Разделение используемой территории на агроэкологические типы земель осуществляли исходя из соответствия экологических параметров среды условиям жизнеобеспечения зерновых культур.

Выделение агроэкологических групп земель осуществляли по ведущим агроэкологическим факторам, которые были установлены на основе изучения взаимосвязей урожайности и факторов её определяющих. Эти агроэкологические факторы (влагообеспеченность, эрозионноопасность, дефлированность, переувлажненность, солонцеватость). По интенсивности проявления лимитирующих факторов выделили агроэкологические подгруппы. При выделении классов земель учитывали литологию почвообразующих пород (аллювиальные и лёссовые), подклассов – их гранулометрический состав. Крутизна склонов положена в основу выделения рода земель, а близость микроклиматических условий – выделения подро́дов.

Пространственное размещение групп земель представлено на карте схеме (рисунок 15).

Сделаем более подробное описание агроэкологических групп земель в сухостепной Кулунде.

I группа. Каштановые и тёмно-каштановые автоморфные недефлированные почвы на возвышенных и низменных дренированных (элювиальных) равнинах сухой степи.

В группе выделено два класса земель:

1) каштановые и тёмно-каштановые автоморфные почвы на возвышенных дренированных (элювиальных) лёссовых плато, сложенных эолово-аллювиальными отложениями краснодубровской свиты;

2) каштановые и тёмно-каштановые автоморфные почвы на низменных (дренированных) плоских древнеаллювиальных песчаных и супесчаных равнинах среднечетвертичного возраста, отнесённых к кулундинской свите. Оба класса земель подразделяются на два подкласса – супесчаные и суглинистые.

В пределах лёссового плато (Кулундинско-Касмалинский увал), проникшего до линии железной дороги Кулунда-Малиновое озеро, наиболее распространены легко- и среднесуглинистые почвы, по мере приближения к древним ложбинам стока и западной границе Алтайского края, гранулометрический состав почв изменяется на супесчаный. Аналогичная закономерность просматривается вокруг лёссового плато (увал Балапан), восточная часть которого заходит из Казахстана на юг Угловского района.

На низменных древнеаллювиальных равнинах песчаные и супесчаные почвы распространены в западной части сухой степи, находящейся на высоте 100-120 м над уровнем моря. Вдоль восточной границы подзоны на абсолютных отметках 120-150 м чаще встречаются сильно опесчаненные легко- и среднесуглинистые почвы. Западная часть подзоны (бóльшая по площади) сухой степи получает меньше на 50-60 мм атмосферных осадков и больше на 150-200° тепла. Эта разница в климате и более тяжёлый (легко- и среднесуглинистый) гранулометрический состав предопределили развитие супесчаных каштановых почв в западной части подзоны, тёмно-каштановых и лугово-каштановых – в восточной. Различие по абсолютным высотам стало основанием для выделения разрядов земель. Эта группа земель занимает 18,9 тыс. га, из которых 15,9 тыс. га находится в Немецком национальном районе.

II группа. Каштановые и тёмно-каштановые дефлированные почвы низменных древнеаллювиальных равнин и возвышенных лёссовых плато. Характер проявления дефляции на низменных и возвышенных равнинах имеет некоторые особенности. Низменные плоские древнеаллювиальные песчано-супесчаные равнины в условиях пашни при отсутствии противодефляционных мероприятий подвергались дефляции повсеместно. Большая площадь среднедефлированных почв в Ключевском районе и особенно Кулундинском

обусловлена более широким распространением супесчаных почв. На возвышенных лёссовых плато в условиях ложбинно-балочно-овражного рельефа, обладающего более высокой степенью расчленения, дефляция развивается на плоских плакорных участках и ветроударных склонах. Среднедефлированные почвы приурочены преимущественно к ветроударным склонам ложбинно-балочно-овражных систем, а также на песчаных почвах террас древних ложбин стока, оказавшихся в пашне. Поэтому в Михайловском и Угловском районах достаточно широко распространены среднедефлированные почвы. Дефляции подвержены не только супесчаные, но и средне- и легкосуглинистые почвы по причине их сильной опесчаненности и слабой оструктуренности.

Площадь земель этой группы составляет 881,4 тыс. га, или 97,9 % от площади дефляционноопасной пашни. По степени дефлированности выделено три подгруппы земель: слабо-, средне- и сильнодефлированные. Каштановые слабодефлированные почвы занимают 798, 5 тыс. га или 88,7 % площади дефлированной пашни. На среднедефлированные пахотные угодья приходится 80,9 тыс. га, или 9 % пашни. Из общей площади среднедефлированных почв 50,4 тыс. га (65 %) находится в Ключевском и Кулундинском районах, а самая большая площадь среднедефлированной пашни (35,7 тыс. га) выявлена в Кулундинском районе. Площадь сильнодефлированных почв в пашне равна 1938 га, из которой 75,7 % приходится на Табунский район, 19,9 % – на Михайловский. Выделение других агроэкологических единиц классификации проведено по принципам, описанным для первой группы.

III группа. Эрозионноопасные каштановые и тёмно-каштановые почвы низменных древнеаллювиальных равнин и возвышенных лёссовых плато различной сложности. В группе выделено три подгруппы земель, различающиеся по степени расчленённости:

- 1) с коэффициентом расчленения менее 0,3 км/км²;
- 2) с коэффициентом расчленения 0,3-0,6 км/км²;
- 3) с коэффициентом расчленения 0,6-0,9 км/км².

Первая подгруппа эродированных земель расположена на низменных древнеаллювиальных песчано-супесчаных равнинах с плоскокотловинным рельефом. Абсолютные отметки над уровнем моря достигают 100-150 м. Глубина расчленения – до 20 м. Эрозия развивается при углах наклона поверхности менее $0,5^\circ$. Степень горизонтального расчленения, измеряемого средним расстоянием между ближайшими тальвегами, в основном слабая – более 2,5 км. В центральной части плоскокотловинных равнин, охватывающих центральную часть Табунского района, центр и восточную часть Кулундинского и Ключевского районов, степень горизонтального расчленения увеличивается до средней (1,5-2,5 км). Это увеличение степени расчленения обусловлено большим количеством озёрных и сорочных котловин на этой территории, усложняющих рельеф и повышающих эрозионную опасность. В эту агроэкологическую подгруппу земель входят тёмно-каштановые почвы, лежащие к западу от озера Кулундинское, являющиеся частью Табунского и Благовещенского районов, а также западные части Родинского и Волчихинского районов, восточная и центральная часть Славгородского района, Немецкий национальный район и юг Бурлинского района. Эродированные почвы распространены по ложбинам.

Вторая подгруппа эродированных земель выделена в пределах возвышенных лёссовых плато, имеющих абсолютные отметки над уровнем моря 150-200 м. Эрозия развивается на склонах $0,5-1,5^\circ$, реже 3° . Глубина расчленения достигает 20-50 м. Плоскокотловинный рельеф сменяется волнистым котловинно-западинным и ложбинным, который отмечается разнообразной степенью горизонтального расчленения, изменяющейся от слабой (более 2,5 км) до средней (1,2-2,5 км), местами значительной (1,0-1,2 км). Геоморфологически эта подгруппа земель расположена на первой ступени возвышенной лёссовой равнины с каштановыми и тёмно-каштановыми легко- и среднесуглинистыми почвами, которые сформировались в условиях ложбинно-балочного рельефа. Поэтому на этой территории довольно распространены эродированные почвы, особенно в Угловском районе. Аналогичные геоморфологические условия (ложбинно-балочный рельеф) встречается на севере подзоны в районе озёр

Большое Яровое и Бурлинское, где степень расчленения составляет 1,2-1,5 км, но абсолютные высоты не превышают 150 м над уровнем моря.

Третья подгруппа эродированных земель расположена на абсолютных высотах 200-250 м и более. На Приобском плато аналогичные условия наблюдаются до высот 350-400 м над уровнем моря. Эрозионные процессы развиваются на полого-увалистой, ложбинно-балочной и увалистой овражно-балочной равнинах. Площадь земель этой подгруппы сравнительно небольшая. Глубина расчленения увеличивается до 50-100 м. Уклоны поверхности изменяются от 1,5 до 6°, встречаются и более крутые склоны, но они занимают ограниченное пространство в пределах Угловского района. Здесь распространена плоскостная эрозия, а в пределах Кулундинско-Касмалинского увала плоскостная эрозия сочетается с линейной. Густота или протяжённость оврагов чаще 2-3 км на 10 км², реже менее 1 км на 10 км². При плотности (количество оврагов на 10 км²) 2-5 вершин в первом случае и 1-2 вершины во втором. Сложность организации землепользования в пределах территории, отнесённой к этой подгруппе, заключается в совместном проявлении процессов эрозии и дефляции.

IV группа. Солонцовые земли. В эту группу земель отнесены почвенные комплексы с участием солонцов менее 10 % площади. В пределах группы по условиям комплексности и гидрологического режима выделено четыре подгруппы.

Первая подгруппа включает зональные дренированные каштановые и тёмно-каштановые солонцеватые почвы с солонцами степными, частично лугово-степными 10-25 %. Такие земельные массивы встречаются на северо-западе Славгородского района. Аналогичные комплексы преобладают в Кулундинском районе, на северо-западе и юго-востоке Ключевского района, вдоль ленточного бора в Михайловском районе, а также к западу от села Угловское.

Вторая подгруппа объединяет дренированные зональные каштановые и тёмно-каштановые солонцеватые почвы с участием степных и лугово-степных солонцов 25-50 %. Эти почвенные комплексы распространены на юго-западе Славгородского района на плоских равнинах вокруг озера Большое Яровое, а

также к востоку от города Славгород до озера Малое Яровое. Эти комплексы в Славгородском районе преобладают. Подобные комплексы встречаются на юго-западе Бурлинского района, в центре Ключевского района вдоль цепи озёр до озера Дунай, расположенного на границе Ключевского и Михайловского района, переходя в Михайловский район. Небольшие участки этих почвенных комплексов наблюдаются в Узкой степи, расположенной в Угловском районе и юго-востоке на границе Угловского и Рубцовского районов.

Третью подгруппу образуют слабодренированные (полугидроморфные) низкие супесчано-суглинистые озёрные террасы с тёмно-каштановыми, лугово-каштановыми солонцеватыми почвами в комплексе с солонцами лугово-степными, выделяемых по границам Кулундинского и Ключевского, Ключевского и Родинского, Ключевского и Михайловского районов.

В четвёртую подгруппу входят лугово-солонцово-солончаковые комплексы, включающие солонцы луговые, солончаки и лугово-солончаковые почвы, выделяемые по днищам долин и озёрных котловин. Эти комплексы в отличие от комплексов третьей группы занимают самые низкие поверхности непосредственно у берегов озёр.

V группа. Каштановые и тёмно-каштановые слабосформированные почвы низменных слабовсхолмленных переведением аллювиально-эоловых дюнно-рядовых песчаных террас. Земельные массив этой группы выделяются вдоль ложбин древнего стока. Эти земли очень низкого качества, хотя они в прошлом были распаханы. В настоящее время фермеры отказались от их использования и они постепенно зарастают сосновыми борами.

Перечень групп и подгрупп может быть расширен по мере накопления дополнительных сведений о земельных ресурсах. Каждая группа земель обладает совокупностью агроэкологических факторов, которые необходимо учитывать при разработке систем земледелия, позволяющих преодолевать лимитирующее влияние этих факторов.

Все агроэкологические факторы В.И. Кирюшин [63] разделил на четыре группы: управляемые, регулируемые, ограниченно регулируемые и нерегулируемые.

В частности, легко управляется обеспеченность почв элементами минерального питания. Регулированию поддается реакция среды (рН), содержание обменного натрия. Ограниченно регулируемыми являются плотность сложения, структурное состояние почвы, водный и тепловой режимы, содержание гумуса, не поддаются регулированию гранулометрический и минералогический составы почвы, рельеф, погодные условия. Степень «управляемости» агроэкологических факторов следует учитывать при разработке системы мероприятий по устранению их негативного влияния на культуры.

4.2. Оптимизация структуры агроландшафтов сухостепной Кулунды

Агроэкологическая ситуация сухостепной подзоны является неблагоприятной в силу исключительности природно-климатических условий. Для снижения антропогенного влияния необходима другая система землепользования, направленная на повышение устойчивости агроландшафтов и рост их продуктивности.

Основные положения организации агроландшафтов сформулировал В.В. Докучаев [43] в научном труде «Наши степи прежде и теперь». Главным элементом комплекса по оптимизации агроландшафта является создание защитных лесонасаждений. Анализ структуры земель сельскохозяйственного назначения по угодьям (таблица 35) показывает, что площадь защитных лесных насаждений по районам сухостепной Кулунды колеблется от 1,4 % (Немецкий район) до 5,6 % (Угловский район). По данным агролесомелиораторов [51, 99] оптимальное количество лесных насаждений должно быть 4 % от площади пашни, т.е. 1 га лесополос должен защищать 25 га пашни. По нашим данным выше оптимума площадь защитных лесонасаждений в Угловском районе, близка к норме в Кулундинском районе. Несмотря на оптимальное соотношение

пашни и полезащитных лесных полос 90 % пашни Угловского района слабодефлирована и 10 % среднедефлирована, в Кулундинском соответственно 74 и 26 % дефлированных почв.

Таблица 35 – Площадь полезащитных лесных насаждений по районам сухостепной Кулунды

Административные районы	Полезащитные лесонасаждения	
	Площадь, га	% площади пашни
Немецкий национальный	1735	1,4
Славгородский	2480	2,0
Табунский	3321	2,5
Кулундинский	5255	3,8
Ключевской	3567	2,2
Михайловский	3106	3,3
Угловский	5529	5,6

В других районах с меньшей долей защитных лесонасаждений ситуация не лучше (см. раздел 3.2.). Следовательно, для защиты пашни от дефляции нужна большая площадь защитных лесополос, но это грозит большим отчуждением пашни. Хотя в комплексе В.В. Докучаева «Каменная степь» площадь лесонасаждений составляет более 15 % площади земель. Полезащитное лесоразведение позволило удвоить продуктивность пашни [99].

Охрана земель и их потенциального плодородия потребует новой организации землепользования и изменения структуры сельскохозяйственных и несельскохозяйственных угодий. Оптимизация структуры земель сельскохозяйственного назначения по районам сухой степи должна проходить по следующим направлениям (таблица 36).

Часть сельскохозяйственных угодий должна быть занята полезащитными лесными насаждениями. Площадь насаждений защитного значения в Кулундинском и Михайловском районах вырастет всего на 300-500 га. Более 3 тыс.га лесных полос необходимо посадить в Немецком национальном районе, в других районах площади полезащитных лесонасаждений увеличится на 800-2500 га. Доля защитных лесонасаждений увеличивается исходя из расчета 1 га лесных

полос на 25 га пашни, т.е. достигнет 4 % площади пашни. Проведя обследование и выбрав залежные участки с благоприятными лесорастительными свойствами, на пастбищах следует создать лесные насаждения для защиты животных в жаркое время дня.

Таблица 36–Оптимизация структуры земель сельскохозяйственного назначения по районам сухой степи

Угодья	Административные районы						
	Немецки й	Славгор одский	Табунск ий	Кулунди нский	Ключевс кий	Михайл овский	Угловс кий
Земли с/х назначения	96,1	85,1	96,1	91,3	75,6	51,3	47,2
С/х угодья	-2,3*	-1,2	-1,1	-0,2	-0,9	-0,2	-0,1
Пашня	-11,1	-5,5	-4,2	-16,1	-5,5	-2,8	+3,4
Залежь	+8,8	+4,3	+3,1	+15,9	+4,6	+2,5	-3,6
Полезащитные насаждения	+2,3	+1,2	+1,1	+0,2	+0,9	+0,3	+0,2
Доля многолетних трав в почвозащитных севооборотах	50	50	50	50	50	–	–
Сенокосы	30,0	15,1	28,6	32,0	10,3	27,9	23,0
Пастбища	9,6	11,7	20,1	15,9	2,7	14,7	20,2
Коэффициент состояния ландшафта	1,26	1,15	1,03	1,07	1,02	0,95	1,02

*) Примечание: знак минус означает уменьшение доли угодья; плюс - увеличение доли

Площадь сельскохозяйственных угодий уменьшится вследствие отвода части пашни и пастбищ для создания лесных насаждений защитного значения.

Согласно экологическим нормам [118] площадь пашни не должна превышать 40 % территории, при почвозащитном варианте использования пашни ее доля может увеличиваться до 50-60 % территории. Как следует из таблицы 13, экологической норме пашни формально соответствуют Михайловский и Угловский районы, которые отличаются высокой лесистостью, что ограничивает расширение площади пахотных угодий. Однако, как мы убедились выше, лесной фонд, находящийся вне земель сельскохозяйственного назначения не обеспечивает защиту почв от дефляции. Поэтому в организации

противодефляционного комплекса, направленного на сохранение качества пахотных угодий и воспроизводство почвенного плодородия, нуждаются все районы, в том числе Михайловский и Угловский.

В шести районах площадь пашни уменьшается на 7,5-31,9 тыс.га. Самая небольшая потеря пашни (7,5-8,8 тыс.га) произойдет в Табунском и Михайловском районах, которые обладают меньшей долей солонцеватых и среднедефлированных почв. Самое большое уменьшение площади (на 31,9 тыс.га) в Кулундинском районе обусловлено широким развитием средне- и сильнодефлированных почв. Ключеский, Славгородский и Немецкий районы потеряют соответственно 16,7, 11,5 и 15,8 тыс.га. В Ключевском и Славгородском районах снижение площади пашни произойдет за счет перевода солонцеватых почв, а в Немецком - среднедефлированных почв в залежь с целью сохранения пахотных угодий и воспроизводства почвенного плодородия с последующей трансформацией залежи в сенокосы и пастбища. В Угловском районе, где находится значительная (37,0 тыс.га) залежных земель, часть их (16,6 тыс.га) будет возвращены в пашню.

Несмотря на существенное уменьшение площади пашни, ее доля по пяти районам сухой степи остается на уровне 46-75 % площади районов, что выше допустимой экологической нормы (40 %). Учитывая, что вся оставшаяся пашня в этих районах является слабдефлированной, то ее использование возможно только при почвозащитной технологии (противодефляционная обработка, почвозащитные севообороты, химическая борьба с сорняками и прочее).

Площади сенокосов и пастбищ оставляем неизменными. Однако, учитывая качественное состояние кормовых угодий (эродированность, дефлированность и солонцеватость), заключаем, что они нуждаются в коренном улучшении. В первую очередь важно восстановить видовой состав естественных травостоев, утраченный в связи с плохо организованным использованием сенокосов и особенно пастбищ. Восстановление естественной растительного покрова на фоне применения минеральных удобрений позволит увеличить продуктивность сенокосов и пастбищ, их биоразнообразие и устойчивость агроландшафтов.

Существующая на 2012 год система аграрного землепользования привела к полной потере устойчивости сухостепных природных комплексов в шести районах, кроме Угловского. На это указывают коэффициенты состояния ландшафта, величины которых для этих районов составляют всего 0,07-0,24. Только в Угловском районе коэффициент состояния ландшафта достигает 0,62. Коэффициент состояния ландшафта рассчитывается как отношение площади средостабилизирующих угодий к площади дестабилизирующих угодий ландшафта.

К средостабилизирующим угодьям мы относим пашню, занятую многолетними травами, залежь, древесно-кустарниковую растительность, в том числе защитные лесонасаждения (лесополосы), земельные участки под водой и занятые болотами. К дестабилизирующим ландшафт угодьям отнесены пашня, занятая зерновыми, пропашными, многолетние насаждения, земли застроенных территорий, под дорогами, деградированные сенокосы и пастбища, нарушенные земли.

Сенокосы и пастбища могут выполнять средостабилизирующую функцию в ландшафте, если они используются в соответствии с экологическими требованиями. Во-первых, в сенокосах проектируются сенокосообороты, которые обеспечивают восстановление естественного травяного покрова, видовой состав растительных сообществ. Во-вторых, если в сенокосах постоянно проводятся мероприятия по их окультуриванию (посев трав, поверхностное внесение удобрений и другие). Пастбища также могут быть средостабилизирующим угодьем, если они организуются с учетом правила 10 % [94, 117, 118]. В этом случае на пастбищах проектируются пастбищеобороты, при создании которых учитывается величина первичной продуктивности пастбищ и их емкость.

Проектируемое изменение структуры угодий, посевных площадей является мощным средством управления функционированием агроландшафтов, увеличения их природно-ресурсного потенциала, повышения устойчивости. Под устойчивостью агроландшафта следует понимать «способность сохранять структуру и свойства, выполняя определённые функции в условиях

антропогенных воздействий» (ГОСТ 17.8.1.01.-80). При определении потенциальной устойчивости ландшафта в условиях ветровой эрозии необходимо использовать методику П.Г. Шищенко [161], по которой вычисляется вероятность проявления дестабилизирующих процессов на земельном массиве в зависимости от его залесённости, залуженности, распаханности, суммы осадков в дефляционноопасный период, число дней с ветром скоростью 15 м/с и других.

При ведении сельскохозяйственного производства при определении специализации следует максимально учитывать устойчивость и целостность природно-территориальных комплексов (ландшафтов). При этом критерием оптимизации продуктивности наряду с прибылью должна быть экологическая устойчивость агросистем. В нашем случае управление агроландшафтом направлено на оптимизацию условий жизни населения Западной Кулунды, рациональное использование её ресурсов и повышение продуктивности.

Разумеется, для реализации такого подхода потребуются определённые шаги государственных органов власти по изменению и совершенствованию земельного законодательства, в первую очередь на региональном уровне. В частности, в регионе не регулируются вопросы внутрихозяйственного землеустройства, а также разработки схем землеустройства региона и муниципальных образований.

4.3. Оптимизация структуры посевных площадей

Характеристика сложившейся структуры посевных площадей дана в разделе 2.4. настоящей работы. В процессе анализа структуры посевных площадей установлено, что в её составе половину площадей засеяно яровой пшеницей, еще 15-20 % площади занимает подсолнечник, на однолетние травы приходится 8 % площадей и многолетние травы около 10 % пашни. В подзоне используются чистые пары. Сложившаяся структура посевных площадей характеризуется постоянным отрицательным балансом органического вещества и питательных элементов.

Исходя из анализа структуры посевных площадей, предлагаем перейти на почвозащитную (противодефляционную) систему землепользования. В проектной системе землепользования многолетние травы должны занимать от 32 % площади пашни в Угловском районе до 58 % в Ключевском районе (таблица 37).

Посевная площадь на перспективу остаётся неизменной, однако соотношение культур в структуре посевов существенно меняется. Так площадь зерновых и зернобобовых культур уменьшится на 20 %. Площадь под подсолнечником сокращается на 8 % и однолетних трав – на 4 %. Меньше на 2 % будут занимать картофель и кукуруза на силос. В целом площадь под названными культурами уменьшится почти на 35 %. Ровно настолько же возрастёт площадь, занятая многолетними травами.

Таблица 37 – Проектная структура посевных площадей по районам степной Кулунды, % площади пашни

Угодья	Административные районы						
	Немецкий национальный	Славгородский	Табунский	Кулундинский	Ключевской	Михайловский	Угловский
Пашня, всего тыс. га	123,4	124,0	130,0	138,8	158,0	93,9	97,8
Посевная площадь	90,0	90,4	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0
Зерновые и зернобобовые	34,4	34,2	32,8	30,7	22,4	32,7	40,4
Подсолнечник	9,9	9,7	9,4	8,9	6,4	9,4	11,7
Картофель	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
Кукуруза на силос	1,5	1,4	1,4	1,3	1,0	1,4	1,4
Однолетние травы	3,4	3,4	3,2	2,9	2,0	3,3	4,0
Многолетние травы	40,6	41,3	43,0	46,0	58,0	43,0	32,2
Пары	10,0	9,6	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Коэффициент состояния ландшафта	0,90	0,83	0,90	0,82	0,88	0,81	1,09

Предложенная трансформация структуры посевной площади обеспечит устойчивость агроландшафтов, что подтверждается величинами коэффициента состояния ландшафта. Эти коэффициенты свидетельствуют об устойчивом

состоянии агроландшафта (Угловский район) или условно устойчивом состоянии в других районах сухостепной Кулунды.

Самая большая доля многолетних трав в структуре посевов Кулундинского и Ключевского районов обусловлена распространением больших площадей среднедефлированных и солонцеватых почв, которые более всего нуждаются в восстановлении почвенного плодородия.

В основе противодефляционного комплекса должна лежать структура посевных площадей. Баланс гумуса и потребность в органических удобрениях, рассчитанный в разделе 2.4., показывает, что из 13 видов севооборотов, предложенных земледельцами [164, 165, 166] для сухостепной Кулунды, только четыре вида севооборотов отличаются положительными балансами органического вещества и элементов минерального питания и не нуждаются во внесении органических и минеральных удобрений.

К числу таковых относятся почвозащитные 6-польный травяной и 5-польный зернопаротравяной с полосным размещением культур, а также два кормовых – 3-польный с донником (без орошения) и 5-польный, в котором три года занимают многолетние травы (при орошении). Кормовой 7-польный с четырьмя годами многолетних трав обеспечивает простое воспроизводство почвенного плодородия, т.е. нулевой баланс органического вещества и элементов минерального питания (расход и приход равны).

Специальные почвозащитные 6-польные севообороты со схемой чередования культур: 1 – однолетние травы с подсевом житняка или травосмеси, 2-6 – многолетние травы (житняк или травосмеси) ввести на сильнодефлированных участках. При полосном размещении культур наиболее приемлемы специальные 5-польные зернопаротравяные севообороты со схемой чередования культур: 1 – пар чистый, житняк 3-го года, 2 – пшеница, житняк 4-го года, 3 – пшеница с подсевом житняка, житняк 5-го года, 4 – житняк 1-го года, 5 – житняк 2-го года, овёс.

На слабдефлированных участках вводятся кормовые севообороты, в частности 3-польные с донником: донник – яровая пшеница, овёс, ячмень,

зернофуражные с подсевом донника. В сухостепной Кулунде, когда не удаётся подпокровный посев многолетних трав, кормовые (прифермские) севообороты могут быть с летним беспокровным посевом по чистым парам. В этом плане интересны 7-польные кормовые севообороты со следующей схемой: 1 – пар чистый + летний (3-я декада июля) посев эспарцета, костреца, люцерны, донника или их смесей; 2-5 травы 1-го, 2, 3, 4-го годов использования; 6 – яровая пшеница, зернофуражные; 7 – зернофуражные, однолетние травы.

В орошаемых условиях целесообразны 5-типольные кормовые севообороты: 1-3 люцерна; 4 – однолетние травы; 5 – зернофуражные + люцерна под покров.

Внедрение предлагаемых севооборотов изменит структуру посевных площадей. В структуре посевов увеличится доля многолетних трав с 2-11 % до 40-58 %. При этом доля зерновых уменьшится с 59-66 % до 50 %. На долю пропашных, технических культур остаётся 5-10 % посевной площади. Изменение соотношения культур в составе посевов позволяет решить задачу рационального использования пашни. В частности, проектируемая система севооборотов на пашне в современном агроландшафте является надёжной защитой почв от дефляции, загрязнения окружающей среды.

Оптимизация структуры посевных площадей в сторону увеличения площади средостабилизирующих культур (многолетних трав) позволяет повысить устойчивость агроландшафтов, сохранить их ресурсовоспроизводящую функцию, создать условия для воспроизводства почвенного плодородия и повышения продуктивности агроценозов.

Главным инструментом формирования агроландшафтов является адаптивно-ландшафтная система земледелия, в которой каждый элемент несёт соответствующую нагрузку по поддержанию устойчивости агроландшафта. Те системы земледелия, которые повышают устойчивость агроландшафтов, приближая их к природным и повышают продуктивность, должны заслуживать особого внимания. К числу таких приёмов относится мульчирование поверхности почвы растительными остатками (стерня, солома), посев сидеральных культур с

последующей их запашкой в почву, а также почвозащитные севообороты с многолетними травами.

4.4. Агроэкологические типы земель и мероприятия по их охране в сухой степи

Из предыдущего раздела следует, что охрана земель и других природных ресурсов (водных, растительных, животных) осуществляется на основе организации территории, путём совершенствования соотношения угодий. Охрана пахотных почв является составной частью конструирования агроландшафтов и проводится с учётом агроэкологического качества, которое накладывает определённые ограничения в использовании почв. Организация территории пашни представляет наиболее важный этап проектирования агроландшафтов.

В данном разделе основной акцент сделаем на организации использования агроэкологических типов земель, выделенных в пределах пахотопригодных почв. Поскольку в пределах сухой степи все земли за небольшим исключением подвержены дефляции, на лёссовых плато совместному воздействию дефляции и эрозии, то организация территории пашни будет противодефляционной и противоэрозионной. Из раздела 4.1. нашей работы следует, что наиболее ценными пахотными угодьями являются земли первых трёх групп и первая подгруппа четвёртой агроэкологической группы земель.

Противодефляционная и противоэрозионная организация территории пашни должна обеспечить регулирование скорости ветра, способствовать накоплению органического вещества, сохранению и рациональному использованию влаги, снижению температуры воздуха и почвы. Важную роль по защите почв от ветровой и водной эрозии имеют севообороты, адаптированные к условиям каждого агроэкологического типа земель. От выбора севооборота

зависит агроэкологическое состояние почв, скорость воспроизводства их плодородия и в целом эколого-экономическая эффективность сельскохозяйственного производства.

Выполняя процедуру формирования агроэкологических типов земель из элементарных ареалов агроландшафтов, использовали ландшафтную карту Алтайского края [17], а также почвенные карты ряда хозяйств сухой степи в масштабе 1:25000. Описание типов земель приведено в таблице 38.

Первый тип земель полностью сформирован в границах плоских древнеаллювиальных равнин и возвышенных лёссовых плато. Специфика земель этого типа учтена при выделении двух подтипов. Этот тип земель имеет широкое распространение в сухостепной подзоне и является наиболее благоприятным для возделывания полевых культур.

Таблица 38 – Экспликация агроэкологических типов земель и характер их использования

Характеристика типов земель	Характер использования
1	2
<i>I тип – полевой противодефляционный</i>	
<p>I а – возвышенные дренированные (элювиальные) лёссовые плато с тёмно-каштановыми суглинистыми недефлированными и слабодэфлированными почвами</p> <p>I б – низменные дренированные плоские древнеаллювиальные песчано-супесчаные равнины с каштановыми недефлированными и слабодэфлированными почвами</p>	<p>Пригоден для возделывания всех сельскохозяйственных культур. Лимитирующие факторы преодолеваются внесением минеральных удобрений, введением почвозащитных севооборотов с сидеральным паром, многолетними травами (50-70 % площади севооборотов), обеспечивающими положительный баланс органического вещества, мульчированием поверхности почвы растительными остатками, полосным размещением культур, посевом кулис и дополнительной посадкой полевых культур.</p> <p>I а – полосы культур шириной 100 м; I б – полосы культур шириной 50-60 м.</p>
<i>II тип – луговой противодефляционный</i>	
<p>II а – возвышенные дренированные (эллювиальные) лёссовые плато с тёмно-каштановыми суглинистыми средне- и сильнодефлированными почвами</p> <p>II б – низменные плоские древнеаллювиальные песчано-супесчаные равнины с каштановыми средне- и сильнодефлированными почвами</p>	<p>Рекомендуется сплошное залужение территории. Консервация.</p>
<i>III тип – луговой противодефляционный и противозрозионный</i>	
Низменные древнеаллювиальные	Рекомендуется залужение по тальвегам ложбин.

песчано-супесчаные равнины с ложбинно-волнистыми рельефом до 0,5° и каштановыми слабосмытыми почвами	
<i>IV тип – полевой противоэрозионно-противодефляционный</i>	
Возвышенные лёссовые плато с волнисто-ложбинным рельефом и углами наклона до 1,5° с темно-каштановыми суглинистыми дефлированными и слабосмытыми почвами	Используется в полевых севооборотах с ограничениями. Лимитирующие факторы – эрозия и дефляция. Для их преодоления необходимы мероприятия, предлагаемые для I типа земель. Для предотвращения эрозионных процессов используются перекрестный посев сельскохозяйственных культур. Рекомендуется создание дополнительных противоэрозионных лесонасаждений.
<i>V – почвозащитный противоэрозионно-противодефляционный</i>	
Возвышенные лёссовые плато с ложбинно-балочным рельефом и углами наклона 1,5-3° с темно-каштановыми дефлированными и смытыми почвами	Рекомендуется использование в почвозащитных севооборотах с исключением пропашных культур и шахматным размещением культур. В севооборотах должны быть сидеральный пар, не менее 50 % площади многолетних трав, кулисы, контурно-мелиоративная обработка почвы, обеспечивающая её противоэрозионную устойчивость. Обязательно создание водозадерживающих, водорегулирующих, прибалочных защитных лесонасаждений.
<i>VI тип – почвозащитный противоэрозионно-противодефляционный</i>	
Склоны возвышенных лёссовых плато с ложбинно-балочным рельефом, крутизной 3-5°	Используется в пашню при наличии комплекса лесомелиоративных мероприятий.
Окончание таблицы 42	
1	2
на темно-каштановых почвах слабо- и среднесмытых	В почвозащитном севообороте с полосным размещением культур, многолетние травы занимают не менее 70 % посевной площади. Необходима оптимальная организация территории – контурно-мелиоративное земледелие с мульчированием поверхности почвы растительными остатками.
<i>VII тип – луговой</i>	
Склоны возвышенных лёссовых плато с ложинно-овражно-балочным рельефом крутизной 5-7° с темно-каштановыми смытыми суглинистыми почвами	Рекомендуется пахотные земли трансформировать в сенокос, постоянное залужение.
<i>VIII тип – лесо-луговой</i>	
Возвышенные лёссовые плато с овражно-балочными системами крутизной более 7° с темно-каштановыми средне- и сильносмытыми почвами	Земли не пригодные для обработки. При отсутствии угрозы образования оврагов, трансформируются в сенокосы с ограничениями в использовании (сенокосообороты). При развитии оврагообразования проводится консервация земель с залесением. Залесение выборочно, ограничение – солонцеватость почв.
<i>IX тип – солонцово-луговой</i>	
Низменные древнеаллювиальные плоские автоморфные песчано-супесчаные равнины с каштановыми, темно-каштановыми солонцеватыми почвами в комплексе с солонцами степными, иногда лугово-степными 10-25 % и 25-50 %	Земли низкого качества. Ограничение для использования в пашне – солонцеватость. Гипсование существенно снижает экономическую эффективность полеводства. Предлагается залужить и использовать как сенокосы.
<i>X тип – природоохранный солонцовый</i>	

Х а – низкие супесчано-суглинистые озёрные террасы слабодренированные (полугидроморфные) с тёмно-каштановыми солонцеватыми почвами в комплексе с солонцами лугово-степными Х б – днища озёрных котловин недренированные с лугово-солонцово-солончаковыми комплексами	Остаются в естественном состоянии с выделением водоохранных зон, включающих озёрные террасы и днища террас. Играют средостабилизирующую функцию.
XI – лесной природоохранный	
Низменные слабовсхолмленные перевалием аллю-виально-эоловые дюнно-грядовые песчаные террасы с каштановыми слабосформированными почвами	Рекомендуется пахотные земли трансформировать в лесные земли и перевести их в первую группу лесов – защитные.
XII тип – непригодный для сельского хозяйства	
Овраги, пески	Непригодные для земледелия, сенокосения, выпаса скота земли. Рекультивация, залесение, гидротехнические сооружения. Перевод в рекреацию

Второй тип земель распространён в тех же ландшафтных условиях, что и первый, объединяет средне- и сильнодефлированные почвы, использование которых в пашне нерентабельно, предлагаем залужить и использовать как экологические ниши. Аналогичное использование предложено и для третьего типа земель, расположенного по тальвегам, стекание талой воды весной способствует смыву почвы. С четвёртого по шестой типы земель, расположенных на склонах лёссовых плато с углами наклона до 5°, использование возможно только в почвозащитных противэрозионно-противодефляционных севооборотах с ограничениями в использовании, предусмотренных для зоны совместного проявления эрозии и дефляции [56]. Совместный тип земель (луговой) рекомендован для залужения (консервация) с последующим использованием под сенокосы.

В границах склонов (крутизной более 7°) возвышенных лёссовых плато выделен восьмой (лесо-луговой) тип земель, используемый под сенокосы, но с защитой склонов лесонасаждениями для предотвращения эрозии. Солонцово-луговой (девятый) тип земель в силу низкого качества и широкого распространения (10-50 % площади пашни) солонцовых комплексов следует вывести из пашни, залужить и использовать под сенокосы. Природоохранный тип (десятый) земель выполняет средостабилизирующую роль и занимает озёрные

террасы и днища озёрных котловин, включённых в водоохранные зоны. Лесной природоохранный (одиннадцатый) тип земель, занимающий слабовсхолмленные перевалами аллювиально-эоловые дюнно-грядовые песчаные террасы, целесообразно трансформировать в лесные земли (защитные сосновые боры). Последний двенадцатый тип земель непригодный для земледелия после рекультивации, залесения и создания водоёмов можно перевести в рекреационные зоны.

На землях I типа рекомендуется создание полевых противодефляционных севооборотов, в которых применяют почвозащитные противодефляционные агротехнические меры – сохранение стерни, мульчирование соломой, полосное размещение культур, обеспечивающих положительный баланс органического вещества, накопление и сохранение продуктивной влаги. Важно увеличить площадь полевых защитных лесных насаждений, доведя до нормы 1 га лесной полосы на 25 га сельскохозяйственных угодий. Четвёртый тип земель используется также в полевом севообороте с комплексом противозрозионных и противодефляционных мероприятий, разработанных для зоны совместного проявления двух видов эрозии – водной и ветровой. V и VI типы земель рекомендуется использовать в почвозащитных севооборотах (с исключением пропашных культур), с сидеральным паром и многолетними травами (50-70 % площади посевов), контурно-мелиоративной обработкой и разработкой почвоохранной системы полевых защитных лесных насаждений.

Предлагаемая дифференцированная организация использования пахотных земель, учитывающих их природные особенности, включает агротехнические, лесомелиоративные и организационно-хозяйственные мероприятия по защите почв от дефляции и эрозии, созданию условий для повышения и воспроизводства почвенного плодородия, будет способствовать решению задач по воспроизводству природно-ресурсного потенциала территории сухой степи, повышению экологической устойчивости агроландшафтов и, как следствие, повысит эффективность использования земель в сельском хозяйстве.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ литературных данных позволяет утверждать, охрану земель сельскохозяйственного назначения возможно организовать путем оптимизации агроландшафтов с обоснованием агро-, лесо- и гидромелиоративных мероприятий, способствующих сохранению структуры и свойств агроландшафтов, выполнению определенных функций в условиях антропогенных воздействий. Охрана земель начинается с ландшафтного анализа территории, её эколого-ландшафтного или агроэкологического зонирования, которые являются базисом для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Оценка физико-географических условий показывает, что сельскохозяйственные земли размещаются на двух типах равнин: 1) низменных дренированных сухостепных плоских древнеаллювиальных песчаных и супесчаных, каштановых и темно-каштановых почвах; 2) возвышенных дренированных сухостепных пологоувалистых лёссовых плато на темно-каштановых легко- и средне-суглинистых почвах.

Плоские песчаные и супесчаные равнины повсеместно подвергаются дефляции. На склонах, высоких древних и низких террасах озёрных котловин широко представлены солонцы степные, лугово-степные, лугово-болотные солончаковатые и солончакововато-солонцеватые. При этом доля площади солончаковато-солонцеватых почв и степень солонцеватости и засоленности растёт с севера на юг. Пологоувалистые лёссовые плато также подвержены дефляции, а на пологих склонах балок временных водотоков развивается эрозионные процессы. Солонцеватость и засоленность почв менее распространена, чем на плоских равнинах. Комплексы солонцеватых почв, солонцов и солончаков располагаются вокруг солёных озёр.

Плоские супесчаные равнины находятся на абсолютных высотах 100-150 м над уровнем моря, имеют глубину расчленения менее 20 м, среднее расстояние между ближайшими понижениями 1,5-5 км и углы наклона менее 0,5°. Лёссовые плато лежат на высотах 150-200 м в михайловском районе и 200-300 м в

Угловском и Рубцовском районах, глубина расчленения составляет 20-100 м и степень горизонтального расчленения достигает 0,5-1,5 км, а углы наклона поверхности – 0,5-12°.

На плоских низменных равнинах отмечается сильная и очень сильная сельскохозяйственная освоенность территории (76-96%) и высокая распаханность (60-86%). Лёссовые плато отличаются низкой сельскохозяйственной освоенностью (47-51%) и очень низкой распаханностью (20-30% площади районов). Элементы агроландшафта, образующие так называемый «экологический каркас», занимают 20-27% площади земель сельскохозяйственного назначения. Доля земель, составляющих «экологический каркас», по административным районам плоских аллювиальных равнин составляет 23-42% площади районов, лёссовых плато увеличивается до 64-72%.

Агроландшафты плоских аллювиальных равнин являются «экологически нестабильными» ($K_{эс} < 0,33$), испытывающими «значительную» ($K_{ан} = 3,5-3,9$) антропогенную нагрузку и отличаются ярко выраженной неустойчивостью. В свою очередь, агроландшафты лёссовых плато характеризуются как «неустойчиво стабильны» ($K_{эс} = 0,35-0,36$), испытывающими «среднюю» антропогенную нагрузку ($K_{ан} = 2,8-3,25$ балла) и считаются «условно устойчивыми» ($K_{сл} = 1,12-1,87$).

Агроклиматическими факторами, ограничивающими урожайность зерновых культур (яровой пшеницы), является влагообеспеченность. Оценка по гидротермическому коэффициенту Селянинова показывает, что пять лет из 10 считаются сухими и засушливыми, четыре года средними и увлажненными и только 1 год из 10 бывает влажным. Количество атмосферных осадков за вегетационный период колеблется от 70 до 271 мм. Запас продуктивной влаги в метровом слое почвы изменяется от 4 до 170 мм, причем 6 лет из 10 этот запас ниже 60 мм. Наилучшие условия жизнеобитания сельскохозяйственных культур складываются на легко- и среднесуглинистых почвах, которые обладают меньшей плотностью, лучшей пористостью и более высокими запасами продуктивной влаги метровом слое. В тоже время каштановые почвы в целом характеризуются

низким эффективным плодородием и нуждаются в применении органических и минеральных удобрений.

Неблагоприятным фактором возделывания сельскохозяйственных культур является лёгкий гранулометрический состав, который способствовал развитию дефляции. Природно-ресурсный потенциал почв сухой степи сократился по районам на 23-29%. Урожайность зерновых культур уменьшилась на 25-30% по сравнению с исходно-недефлированными почвами. Снижение потенциала почв обусловлено сложнейшей системой агроценозов (структурой посевных площадей), которая не обеспечивает устойчивость агроландшафтов и воспроизводство почвенного плодородия.

На основании агроэкологической оценки агроландшафтов и каштановых почв сухостепной Кулунды проведено агроэкологическое зонирование исследуемой территории с выделением агроэкологических типов земель и установлением факторов, ограничивающих величину урожая. Это позволило разработать два комплекса мероприятий, направленных на охрану геосистем.

Первый комплекс включает мероприятия по оптимизации агроландшафтов. Главным элементом комплекса по оптимизации агроландшафта является создание системы полевых защитных лесных насаждений. По мнению лесомелиораторов на плоских аллювиальных равнинах сухой степи площадь полевых защитных лесонасаждений должна быть не менее 4% площади пашни. Однако в Угловском районе Алтайского края несмотря на оптимальное соотношение пашни и полевых защитных лесных полос 90% пашни слабо эродировано и 10% средне эродировано, в Кулундинском районе соответственно 74 и 26%. Особую значимость защитные лесонасаждения приобретают на склонах возвышенных лёссовых плато с ложбинно-балочным рельефом с углами наклона поверхности более 3°. Здесь наряду с полевыми защитными лесными полосами система лесных полос включает дополнительно прибалочные, приовражные вокруг водоёмов, насаждения коренных берегов, водоохранные и прочие.

В комплексе с лесными насаждениями на плоских аллювиальных супесчаных равнинах и склонах лёссовых плато актуальны другие фитомелио-

ративные приемы, например, оставление остатков мульчированных соломой, занятые и сидеральные пары, залуживание почвозащитные севообороты с полосным размещением полевых культур, однолетних (бобовых) и много-летних трав. На последние отводится 40-50% площади пашни. Размещение трав проводится солонцах степных, солонцеватых и засоленных почвах. Средне- и сильноэродированные почвы нуждаются в консервации с целью воспроизводства почвенного плодородия.

Учитывая качественное состояние кормовых угодий (эродированность, дефлированность, солонцеватость и засоленность) предлагаем комплекс мероприятий по их коренному улучшению. В первую очередь необходимо восстановить видовой состав естественных травостоев, утраченный по причине отсутствия системы использования сенокосов и пастбища, что повысит биоразнообразие фитоценозов и устойчивость агроландшафтов.

Проектируемое изменение агроландшафтов (структуры угодий, агроценозов) является мощным средством управления, функционированием агроландшафтом, увеличения их природно-ресурсного потенциала, повышения устойчивости. При этом изменяется специализация сельскохозяйственного производства. На фоне сохранения уровня производства продукции растениеводства растёт доля производства продукции животноводства.

Второй комплекс мероприятий определяется как система использования конкретного агроэкологического типа земель, который приурочен к ландшафтной полосе, расположенной в определённом диапазоне высот над уровнем моря одинаковым типом современного ландшафтогенеза, в частности, плоские водораздельные территории, приводораздельные склоны, склоны гидрографической сети. Дифференцированная организация использования типов земель учитывает их природные особенности, включает агротехнические, лесомелиоративные и организационно-хозяйственные меры улучшения и охраны земель.

Библиографический список

1. Авров Д.П. Геологическое строение и ресурсы недр / Д.П. Авров, Т.Я. Демидова, О.М. Адаменко // Атлас Алтайского края. – Москва-Барнаул, 1978. – С. 177-179.
2. Автоматизированные системы агроэкологической оценки земель / И.И. Васенёв, А.В. Бузылёв. – М.: РГАУ-МСХА, 2010. – 102 с.
3. Агроклиматические ресурсы Алтайского края. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 156 с.
4. Агроклиматический справочник по Алтайскому краю. – Л.: Гидрометеиздат, 1957. – 214 с.
5. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий / В.И. Кирюшин, А.Л. Иванов. – М.: Росинфорагротех, 2005. – 784 с.
6. Агроэкологические принципы земледелия РАСХН. ВНИИЗ ЗПЭ. – М.: Колос, 1993. – 264 с.
7. Агроэкология / В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев и др.; под ред. В.А. Черникова. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
8. Агроэкология. Методология, технология, экономика / В.А. Черников, И.Г. Грингоф, В.Т. Емцев и др.; под ред. В.А. Черникова, А.И. Черкеса. – М.: КолосС, 2004. – 400 с.
9. Адаменко О.М. Алтай. Алтае-Саянская горная область / О.М. Адаменко, Е.М. Девяткин, С.А. Стрелков // История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. – М.: Наука, 1969. – С. 54-121.
10. Адаменко О.М. Мезозой и кайнозой степного Алтая / О.М. Адаменко. – Новосибирск: Наука СО, 1974. – 168 с.
11. Азроянц Э.А. Социум – XXI век (к концепции устойчивого развития) / Э.А. Азроянц. – М.: Независимый институт устойчивого развития, 1995. – 47 с.

12. Ананьева Н.Д. Микробиологическая оценка почв в связи с самоочищением от пестицидов и устойчивостью к антропогенным воздействиям: автореф. дисс. докт. биол. наук. – М., 2001. – 38 с.
13. Анохин П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем / П.К. Анохин // Принципы системной организации функций. – М.: Наука, 1973. – С. 5-61.
14. Антропогенная эволюция чернозёмов / Под ред. А.П. Щербакова, И.И. Васенёва. – Воронеж: ВГУ, 2000. – 263 с.
15. Арманд А.Л. Модели и информация в физической географии / А.Л. Арманд. – М.: Знание, 1971. – 32 с.
16. Арманд А.Л. Наука о ландшафте / А.Л. Арманд. – М.: Мысль, 1975. – 286 с.
17. Атлас Алтайского края. – Москва-Барнаул, 1978. – 222 с.
18. Бивалькевич В.И. Земельные ресурсы сельскохозяйственного назначения Алтайского края и проблемы их рационального использования / В.И. Бивалькевич // Производство продукции сельского хозяйства в Алтайском крае в современных условиях: проблемы и решения. Матер. науч.-практич. конф., 4-5 марта 1998 г., – Барнаул, 1998. – С. 92-110.
19. Бриллюэн Л.Л. Научная неопределённость и информация / Л.Л. Бриллюэн. – М.: Мир, 1966. – 271 с.
20. Будрицкая И.А. Агроэкологическая оценка природно-климатических условий почв сухостепной Кулунды / И.А. Будрицкая, Л.М. Татаринцев, В.Л. Татаринцев // Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: сборник материалов V Международной научной конференции (7-11 сентября 2015 г., Россия); под ред. С.П. Кулижского. – Томск: Издательский Дом ТГУ, 2015. – С. 255-259.
21. Бурлакова Л.М. Концептуальные положения рационального использования земель // Экология и безопасность жизнедеятельности человека в условиях Сибири. – Барнаул: МАНЭБ, 1997. – С. 34-38.

22. Бурлакова Л.М. Плодородие алтайских черноземов в системе агроценоза / Л.М. Бурлакова. – Новосибирск: Наука, 1984. – 198 с.
23. Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 415 с.
24. Варламов А.А. Организация территории сельскохозяйственных землевладений и землепользований на эколого-ландшафтной основе: учеб. пособие. – М.: ГУЗ, 1993. – 57 с.
25. Васенёв И.И. Оптимизация землепользования и типизация чернозёмов в аккумулятивно-эрозионных агроландшафтах на Северо-востоке ЦЧР / И.И. Васенёв, О.С. Бойко, А.С. Цигуткин, А.В. Подлеснов // Достижение науки и техники АПК. 2008. – №10. – С. 52-54.
26. Васенёв И.И. Агроэкологическое моделирование и проектирование / И.И. Васенёв, А.В. Бузылёв, Ю.А. Курбатова, Н.И. Руднев, А.И. Тиунов, М.В. Чистонин. – М.: РГАУ-МСХА, 2010. – 201 с.
27. Васенёв И.И. Функционально-экологическая оценка почв и типизация земель / И.И. Васенёв, Д.А. Букреев, В.Г. Хакулин // Информационно-справочные системы по оптимизации землепользования в условиях ЦЧЗ. – Курск, 2002. – С. 34-47.
28. Васенёв И.И. Процессно-генетический анализ и оценка агроэкологического состояния чернозёмов / И.И. Васенёв, А.П. Щербаков, Д.А. Букреев, Ф.И. Козловский, И.А. Крупенников, И.Ю. Савин, Д.И. Щеглов // Агроэкологическое состояние чернозёмов ЦЧО. – Курск, 1996. – С. 290-312.
29. Васенёв И.И. Базовый агроэкологический мониторинг / И.И. Васенёв, А.П. Щербаков, Э.Г. Васенёва, М.Ю. Дёгтева // Метод. пособие и нормативные материалы для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия. – Курск, 2001. – С. 143-152.
30. Васенёв И.И. Геоинформационные системы в почвоведении и экологии / И.И. Васенёв, Ю.Л. Мешалкина, Д.А. Грачёв. – М.: РГАУ-МСХА, 2010. – 171 с.

31. Вдовин В.В. Салаирский кряж / В.В. Вдовин, А.М. Малолетко // Алтае-Саянская горная область: История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. – М.: Наука, 1969. – С. 15-53.
32. Вериго С.А. Почвенная влага и её значение в сельскохозяйственном производстве / С.А. Вериго, Л.А. Разумова. – Л.: Гидрометеоздат, 1963. – 289 с.
33. Вольнов В.В. Оптимизация агроландшафтов культурно-мелиоративным способом / В.В. Вольнов // Сельскохозяйственная наука АПК Сибири, Монголии, Казахстана, Кыргызстана: Тр. 7-й междунар. науч.-практ. конф. (Улан-Батор, 19-27 июля 2004 г.). СО РАСХН. – Новосибирск, 2004. – С. 88-93.
34. Вольнов В.В. Ландшафтные системы земледелия в Алтайском крае. – Земледелие, 2005. – №4. – С. 2-4.
35. Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 301 с.
36. Гогмачадзе Г.Д. Агроэкологический мониторинг почв и земельных ресурсов Российской Федерации. – М.: МГУ, 2010. – 209 с.
37. Готт В.С. Определённость и неопределённость как категории научного познания / В.С. Готт, Е.Д. Урсул. – М.: Знание, 1971. – 61 с.
38. Граковский В.Г. Санация загрязнённых почв и рекультивация нарушенных земель в России. – Почвоведение, 1994. – №4. – С. 121-128.
39. Грибов С.И. Структура земельного фонда Алтайского региона и её оптимизация. – Барнаул: Изд-во Алт. госуниверситета, 1996. – 19 с.
40. Гриценко А.И. Экология. Нефть и газ / А.И. Гриценко, Г.С. Аكوпова, В.М. Максимов. – М.: Наука, 1997. – 129 с.
41. Димо В.Н. Тепловой режим почв СССР / В.Н. Димо. – М.: Наука, 1972. – 360 с.
42. Добровольский Г.В. География почв / Г.В. Добровольский, И.С. Урусевская. – М.: МГУ, 2004. – 277 с.
43. Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь / В.В. Докучаев. – М.: Сельхозгиз, 1936. – 109 с.

44. Жандаров Б.В. Антропогенная трансформация каштановых почв сухой степи Алтайского края: автореф. дисс. к.с.-х. наук. – Барнаул, 2000. – 19 с.
45. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). – Кишинев: Штиница, 1990. – 168 с.
46. Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы). – Кишинев: Штиница, 1988. – 47 с.
47. Занин Г.В. Геоморфология Алтайского края / Г.В. Занин // Природное районирование Алтайского края. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – С. 24-67.
48. Здоровцов И.П. Агроэкологические основы комплекса противоэрозионных мероприятий в районах интенсивного земледелия Русской Равнины: автореф. дисс... д-ра с.-х. наук. – Курск, 1993. – 68 с.
49. Ильин В.Б. Оценка буферности почв по отношению к тяжёлым металлам // Почвоведение, 1995. – №1. – С. 109-113.
50. Информационно-справочные системы по оптимизации землепользования в условиях ЦЧЗ / под ред. И.И. Васенёва, Г.Н. Черкасова. – Курск, 2002. – 127 с.
51. Ишутин Я.Н. Почвомелиоративная роль защитных лесонасаждений на юге Западной Сибири: автореф. дисс... д-ра с.-х. наук. – Барнаул, 2006. – 32 с.
52. Карпачевский Л.О. Водно-физические свойства и элементы водного режима некоторых почв Алтайского края // Почвы Алтайского края. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – С. 297-320.
53. Карпачевский Л.О. Агрофизическая характеристика почв степной и сухостепной зон Азиатской части СССР. – М.: Колос, 1977. – С. 176-189.
54. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почв, методы его изучения. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 192 с.
55. Качинский Н.А. Физика почв. Ч. 1. – М. 1965. – 323 с.
56. Каштанов А.Н. Защита почв от ветровой и водной эрозии. – М.: Россельхозиздат, 1974. – 208 с.
57. Каштанов А.Н. Земледелие: избранные труды. – М.: Россельхозакадемия, 2008. – 676 с.

58. Каштанов А.Н. Концепция формирования высокопродуктивных экологически устойчивых агроландшафтов и совершенствования систем земледелия на ландшафтной основе / А.Н. Каштанов, А.П. Щербаков, Г.И. Швобс и др. – Курск, 1992. – 67 с.
59. Каштанов А.Н. Ландшафтное земледелие. Ч. I-II / А.Н. Каштанов, А.П. Щербаков, Г.И. Швобс и др. – Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 1993. – 348 с.
60. Каштанов А.Н. Основы ландшафтно-экологического земледелия / А.Н. Каштанов, Ф.Н. Лисецкий, Г.И. Швобс. – М.: Колос, 1994. – 327 с.
61. Кирюшин В.И. Концепция адаптивно-ландшафтного земледелия. – Пушино, 1993. – 236 с.
62. Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика. – М.: Изд-во МСХА, 2000. – 473 с.
63. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
64. Кирюшин В.И. Классификация почв и агроэкологическая классификация земель. – С.-Пб.: Изд-во Лань, 2011. – 288 с.
65. Козловский Ф.И. Современные естественные и антропогенные процессы эволюции почв. – М.: Наука, 1991. – 200 с.
66. Козловский Ф.И. Теория и методы изучения почвенного покрова. – М.: ГЕОС 2003. – 535 с.
67. Колбовский Е.Ю. Ландшафтное планирование новые аспекты экологической организации территории и краеустройства / Е.Ю. Колбовский // Пробл. регион. экологии. – 2004. – № 1. – С. 11-15.
68. Концепция мелиорации сельскохозяйственных земель в стране. – М.: МГМИ, 1992. – 48 с.
69. Концепция рационального использования земель сельскохозяйственного назначения Алтайского края в современных условиях // Производство продукции сельского хозяйства в Алтайском крае в современных условиях. Проблемы и решения: материалы регион. научн.-практ. конф. (г. Барнаул, 4-5 марта 1998 г.). – Барнаул, 1998. Ч. 1. – С. 370-413.

70. Кочуров Б.И. География экологических ситуаций (экодиагностика территории) / Б.И. Кочуров // Проблемы региональной экологии. 1998. – №3. – С. 6-92.
71. Кочуров Б.И. Оценка эколого-хозяйственного состояния территории административного района / Кочуров Б.И., Иванов Ю.Г. // География и природные ресурсы. 1987. – №4. – С. 49-54.
72. Кочуров Б.И. Подходы к теории землеустройства/ Кочуров Б.И., Иванов Ю.Г. // Проблемы региональной экологии. 1998. – №3. – С. 114-120.
73. Кудрявцев А.Е. Агроэкологическое состояние плодородия пахотных почв Алтайского Приобья и межгорных котловин Алтая: автореф. дисс... д-ра с.-х. наук. – Уфа, 2013. – 46 с.
74. Ландшафтное земледелие / под ред. Г.А. Романенко и А.Н. Каштанова. – М.: Изд-во РАСХН, 1994. – 257 с.
75. Латышева О.А. Повышение эффективности сельскохозяйственного землепользования в Алтайском крае / О.А. Латышева, Л.М. Татаринцев, В.Л. Татаринцев, А.А. Бунин, О.Э. Мерзляков – Барнаул: Вестник Алтайского государственного аграрного университета – 2017, №5 (151) – С. 35-42.
76. Лесной кодекс РФ (по состоянию на 20.09.2010). – Новосибирск, 2010. – 44 с.
77. Лопырев М.И. Защита земель от эрозии и охрана природы / М.И. Лопырев, Е.И. Рябов // Учеб. пособие. – М.: Агропромиздат, 1989. – 240 с.
78. Лопырев М.И. Агроландшафты и земледелие: уч. пособие / М.И. Лопырев, С.А. Макаренко – Воронеж: ВГАУ, 2001. – 168 с.
79. Максимова Н.Б. Почвенно-климатические ареалы продуктивности зерновых культур Алтайского края: автореф. дисс... канд. с.-х. наук. – Барнаул, 1995. – 19 с.
80. Медведев В.В. Оптимизация агрофизических свойств чернозёмов. – М.: Агропромиздат, 1988. – 189 с.
81. Мезенцев В.С. Увлажнённость Западно-Сибирской равнины / В.С. Мезенцев, И.В. Карнацевич. – Л.: Гидрометеоиздат, 1969. – 181 с.

82. Методика агроэкологической типизации земель в агроландшафте / Под ред. И.И. Васенёва. – М.: Россельхозакадемия, 2004. – 102 с.
83. Методика и технология почвенно-экологической оценки и бонитировки почв для сельскохозяйственных культур (Карманов И.И.). – М.: ВАСХНИЛ, 1990. – 54 с.
84. Методические рекомендации по кадастровой оценке сельскохозяйственных земель. – М.: РосНИИземпроект, 1997. – 151 с.
85. Методическое пособие и нормативные материалы для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия / под ред. А.Н. Каштанова, А.П. Щербакова, Г.Н. Черкасова. – Тверь, 2001. – 201 с.
86. Михеева И.В. Вероятностно-статистические модели свойств почв (на примере каштановых почв Кулундинской степи). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 200 с.
87. Модели плодородия почв и методы их разработки. – М. 1982. – 301 с.
88. Модели управления продуктивностью агроландшафта / Под ред. В.М. Володина, Г.Н. Черкасова. – Курск, 1998. – 100 с.
89. Мусохранов В.Е. Использование эродированных земель в Западной Сибири. – М.: Россельхозиздат, 1983. – 191 с.
90. Мусохранов В.Е. Повышение продуктивности склоновых земель / В.Е. Мусохранов. – Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1979. – 92 с.
91. Мусохранов В.Е. Система ландшафтно-адаптивных приёмов использования сельскохозяйственных угодий на склонах юга Западной Сибири: автореф. дисс... докт. с.-х. наук. – Барнаул, 1996. – 72 с.
92. Николаев В.А. Геолого-геоморфологический очерк / В.А. Николаев // Кулундинская степь и вопросы её мелиорации. Новосибирск: Наука СО, 1972. С. 194-204.
93. Николаев В.А. Геоморфологическое районирование Западно-Сибирской равнины / В.А. Николаев // Западно-Сибирская равнина: история развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. – М.: Наука, 1970. – С. 226-254.
94. Одум Ю. Основы экологии / пер. с англ. – М.: Мир, 1975. – 740 с.

95. О Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию. Указ Президента РФ. Собрание законодательства Российской Федерации №15, 08.04.96.
96. Орлов А.Д. Эрозия и эрозионные земли Западной Сибири. – Новосибирск: Наука СО, 1983. – 208 с.
97. Орлова В.В. Климат СССР. Западная Сибирь. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – Вып. 4. – 372 с.
98. Оценка экологического состояния почвенно-земельных ресурсов и окружающей природной среды Московской области / Под ред. акад. РАН Г.В. Добровольского, чл.-корр. РАН С.А. Шобы. – М.: МГУ, 2002. – 256 с.
99. Павловский Е.С. Научные основы ландшафтной агролесомелиорации / Е.С. Павловский // Земледелие, 1990. – №7. – С. 37-40.
100. Панфилов В.П. Почвы сухостепной зоны // Агрофизическая характеристика почв Западной Сибири. – Новосибирск: Наука СО, 1976. – С. 414-435.
101. Панфилов В.П. Физические свойства и водный режим почв Кулундинской степи. – Новосибирск: Наука СО, 1973. – 259 с.
102. Пахомя О.Г. Плодородие каштановых почв сухой степи Алтайского края и пути его управления / О.Г. Пахомя, Л.М. Татаринцев, В.Л. Татаринцев // Вестник Алтайского ГАУ. – №4 (16). – Барнаул, 2004. – С. 172-175.
103. Пахомя О.Г. Теоретические и методологические вопросы моделирования почвенного плодородия / О.Г. Пахомя, Л.М. Татаринцев // Вестник Алтайского ГАУ. – №4 (16). – Барнаул, 2004. – С. 176-179.
104. Пахомя О.Г. Характеристика каштановых глубоковскипающих почв ООО «Ярлоговское» в связи с регулированием их плодородия / О.Г. Пахомя, Л.М. Татаринцев, В.Л. Татаринцев // Вестник Алтайского ГАУ. – №4. – Барнаул, 2003. – С. 9-16.
105. Покатилова А.Н. Кислотно-основная буферность чернозёмных почв Южного Зауралья и её изменение при антропогенном воздействии: автореф. дисс... канд. с.-х. наук. – Барнаул, 2008. – 19 с.

106. Почвозащитное земледелие / Под ред. А.И. Бараева. – М.: Колос, 1975. – 304 с.
107. Почвы Алтайского края. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 382 с.
108. Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР / Под ред. А.Н. Каштанова. – М.: Колос, 1983. – 206 с.
109. Пузаченко Ю.Г. Информационно-логический анализ в медико-географических исследованиях / Ю.Г. Пузаченко, А.В. Мошкин // Истоки науки. Серия мед.-геогр. – Вып. 3. – М.: ВИНТИ, 1969. – С. 5-73.
110. Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях. – М.: Академия, 2004. – 305 с.
111. Путилин А.Ф. Эрозия почв в лесостепи Западной Сибири. – Новосибирск, 2002. – 184 с.
112. Раменский Л.Г. О принципах установки, основных понятиях и терминах производственной типологии земель, геоботаники и экологии / Л.Г. Раменский // Советская ботаника. – №4. – 1935. – С. 25-42.
113. Ралько В.Д. Типизация равнинных ландшафтов для мелиоративного проектирования (региональный аспект) / В.Д. Ралько. – Владивосток, 1987. – 104 с.
114. Рассыпнов В.А. Почвенно-климатические факторы урожайности и моделирование эффективного плодородия в агроценозах: Дисс... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 1993. – 320 с.
115. Рассыпнов А.В. Почвенно-климатические факторы урожайности и качества зерна яровой пшеницы сортов алтайской селекции: Автореф. дисс... канд. с.-х. наук. – Барнаул, 2004. – 17 с.
116. Растениеводство / Под ред. П.П. Вавилова. Изд. 4-е доп. и перераб. – М.: Колос, 1979. – 519 с.
117. Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
118. Реймерс Н.Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. – М.: Россия молодая, 1994. – 327 с.

119. Савич В.И. Применение вариационной статистики в почвоведении: Уч.-метод. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1972. – 103 с.
120. Сапожников П.М. Физические параметры почв при уплотняющем действии сельскохозяйственной техники // Вестник с.-х. науки, 1990. – №6. – С. 59-67.
121. Сляднев А.П. Географические основы климатического районирования и опыт их применения на юго-востоке Западно-Сибирской равнины / А.П. Сляднев // География Западной Сибири. Сб.1. – Новосибирск. Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1965. – С. 3-121.
122. Сляднев А.П. Климатические условия земледелия / А.П. Сляднев, Е.А. Сенников // Кулундинская степь и вопросы её мелиорации. – Новосибирск: Наука СО, 1972. – С. 23-46.
123. Сорокина Н.П. Агрэкологическая группировка и картографирование пахотных земель для обоснования адаптивно-ландшафтного земледелия: метод. рекомендации. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 1995. – 72 с.
124. Степановских А.С. Прикладная экология: учебник. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 751 с.
125. Структурно-функциональная роль почвы в биосфере/ под ред. Г.В. Добровольского. – М.: ГЕОС, 1999. – 354 с.
126. Сурмач Г.П. Рельефообразование, формирование лесостепи, современная эрозия и противоэрозионные мероприятия. – Волгоград: ВНИИАЛМИ, 1992. – 255 с.
127. Танасиенко А.А. Эродированные почвы юга Западной Сибири. – Новосибирск: Наука СО, 1992. – 150 с.
128. Татаринцев В.Л. Агрландшафты сухостепной Кулунды и их агроэкологическая оценка / В.Л. Татаринцев, И.А. Будрицкая, Л.М. Татаринцев // Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: сборник материалов V Международной научной конференции (7-11 сентября 2015 г., Россия); под ред. С.П. Кулижского. – Томск: Издательский Дом ТГУ, 2015. – С. 255-259.

129. Татаринцев В.Л. Агроэкологическая оценка гранулометрического состава почв Алтайского Приобья / В.Л. Татаринцев, Л.М. Татаринцев. – М.: Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2008. – №4. – С. 43-52.

130. Татаринцев В.Л. Влияние различных факторов на эффективное плодородие каштановых почв сухой степи Кулунды / В.Л. Татаринцев, Л.М. Татаринцев, О.Г. Пахомя. // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф.: в 3-х кн. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2006. – Кн. 1. – С. 221-225.

131. Татаринцев В.Л. Гранулометрия агропочв юга Западной Сибири и их физическое состояние: монография / В.Л. Татаринцев. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. – 261 с.

132. Татаринцев В.Л. Концепция управления земельными ресурсами Алтайского края в современных условиях / В.Л. Татаринцев, Л.М. Татаринцев, И.А. Будрицкая. – Барнаул: Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2014. – № 7 (117). – С. 165-170.

133. Татаринцев В.Л. Мероприятия по управлению и охране земель муниципального образования / В.Л. Татаринцев, Л.М. Татаринцев, И.А. Будрицкая, О.А. Латышева. – Барнаул: Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2014. – № 1 (111). – С. 137-142.

134. Татаринцев В.Л. Некоторые аспекты применения эколого-ландшафтного подхода в землеустройстве / Проблемы землеустройства, землепользования и земельного кадастра: сб. тр. молодых учёных ГУЗа. – М.: Изд-во ГУЗ, 2003. – С. 241-243.

135. Татаринцев В.Л. Оценка землепользования в муниципальных образованиях сухостепной зоны Кулунды / В.Л. Татаринцев, Т.В. Власова. – Барнаул: Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2009. – №8 (58). – С. 26-30.

136. Татаринцев В.Л. Проблема охраны плодородия земель сельскохозяйственного назначения и её решение / В.Л. Татаринцев, Л.М. Татаринцев. Роль и значение землеустроительной науки и образования в развитии

Сибири: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. – Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е.А., 2012 – С. 378-382.

137. Татаринцев В.Л. Структура гранулометрического состава почвы и её физическое состояние. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2004. – 150 с.

138. Татаринцев В.Л. Эффективное плодородие каштановых почв / В.Л. Татаринцев, Л.М. Татаринцев, М.Н. Кострицина, О.А. Латышева – Барнаул, Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2017. - №4 (150) – С. 39-46.

139. Татаринцев Л.М. Агроэкологическая оценка гидрофизической функции почв сухостепной Кулунды / Л.М. Татаринцев, В.Л. Татаринцев, И.А. Будрицкая // Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: сборник материалов V Международной научной конференции (7-11 сентября 2015 г., Россия); под ред. С.П. Кулижского. – Томск: Издательский Дом ТГУ, 2015. – С. 164-167.

140. Татаринцев Л.М. Агроэкологическое зонирование территории сухой степи Алтайского края / Л.М.Татаринцев, В.Л. Татаринцев, О.А. Латышева, А.А.Никулин, - Барнаул, Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2016. - №4(138). – С. 76-82.

141. Татаринцев Л.М. Организация современного землепользования на эколого-ландшафтной основе: монография / Л.М. Татаринцев, В.Л. Татаринцев, Ю.Ю. Кирякина. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2011. – 106 с.

142. Татаринцев Л.М. Орошение Кулундинской степи: мелиоративное состояние почв, проблема повышения урожайности / Л.М. Татаринцев, В.Л. Татаринцев, Т.И. Пушкарёва, Н.Ю. Каблова. – Мелиорация и водное хозяйство, 2001 – №4. – С. 36-38.

143. Татаринцев Л.М. Современные проблемы рационального использования земельных ресурсов Алтайского края / Л.М. Татаринцев, В.Л. Татаринцев. Вузовская наука – сельскому хозяйству: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф.: в 2-х кн. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2005. – Кн. 2. – С. 332-336.

144. Татаринцев Л.М. Теоретические основы управления эффективным плодородием почв / Л.М. Татаринцев, В.Л. Татаринцев. Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф.: в 3-х кн. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2006. – Кн. 1. – С. 211-214.

145. Татаринцев Л.М. Факторы плодородия каштановых почв сухой степи юга Западной Сибири и урожайность яровой пшеницы / Л.М. Татаринцев, В.Л. Татаринцев, О.Г. Пахомя. Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф.: в 3-х кн. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2006. – Кн. 1. – С. 217-221.

146. Татаринцев Л.М. Факторы плодородия каштановых почв сухой степи юга Западной Сибири и урожайность яровой пшеницы: монография / Л.М. Татаринцев, В.Л. Татаринцев, О.Г. Пахомя // Под ред. Л.М. Татаринцева. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2005. – 123 с.

147. Татаринцев Л.М. Физическое состояние пахотных почв юга Западной Сибири. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2005. – 300 с.

148. Татаринцев Л.М. Экологические аспекты сельскохозяйственного землепользования в Алтайском крае / Л.М. Татаринцев, В.Л. Татаринцев, Т.В. Власова. – Барнаул: Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – №1 (63). – С. 49-52.

149. Татаринцев Л.М. Экологические проблемы орошения в степной зоне Западной Сибири / Л.М. Татаринцев, В.А. Евсюков, Т.И. Пушкарёва, В.Л. Татаринцев. – Мелиорация и водное хозяйство, 2004. – №2. – С. 30-32.

150. Теория и методы физики почв / Под ред. Е.В. Шеина, Л.О. Корпачевского. – М.: Гриф и К°, 2007. – 259 с.

151. Уваров В.М. Физическое состояние и смыв тёмно-серых лесных почв Бие-Чумышской возвышенности при различных способах обработки. Автореф. дис. канд. биол. наук. – Новосибирск, 1981. – 22 с.

152. Файнер Ю.Б. Кузнецкая котловина / Алтае-Саянская горная область: История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. – М.: Наука, 1969. – С. 157-204.

153. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. – М.: Мысль, 1972. – 367 с.
154. Харвей Л. Научное объяснение в географии. – М.: Прогресс, 1974. – 502 с.
155. Черногоров А.Л. Агроэкологическая оценка земель и оптимизация землепользования / А.Л. Черногоров, П.А. Чекмарёв, И.И. Васенёв, Г.Д. Гогмачадзе. – М.: Изд-во МГУ, 2012. – 268 с.
156. Чуюн Г.А. Трансформация агрохимических показателей почвы под влиянием рельефа, эрозии и удобрений / Г.А. Чуюн, С.И. Чуюн // Агроэкологические принципы земледелия. – М.: Колос, 1993. – С. 175-184.
157. Швевс Г.И. Допустимая норма смыва и оптимизация использования земельных ресурсов / Г.И. Швевс, Ф.Н. Лисецкий // Эродированные почвы и повышение их плодородия. – Новосибирск: Наука, 1985. – С. 160-164.
158. Швевс Г.И. Ирригационная эрозия почв и вопросы проектирования природно-хозяйственных оросительных систем / Г.И. Швевс, А.А. Светличный // Физическая география и геоморфология, 1987. – вып. 34. – С. 118-123.
159. Швевс Г.И. Формирование водной эрозии и стока наносов и их оценка / Г.И. Швевс. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 182 с.
160. Шеин Е.В. Курс физики почв / Е.В. Шеин. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 327 с.
161. Шищенко П.Г. Прикладная физическая география / П.Г. Шищенко. – Киев: Высшая школа, 1988. – 192 с
162. Шульгин А.М. Климат почвы и его регулирование / А.М. Шульгин. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 344 с.
163. Шульгин А.М. Температурный режим почвы / А.М. Шульгин. – Л.: Гидрометеиздат, 1957. – 242 с.
164. Яшутин Н.В. Земледелие на Алтае: учебно-методическое и практическое пособие для вузов / Н.В. Яшутин, А.П. Дробышев, Н.Д. Иост: под ред. Н.В. Яшутина. 2-е изд. перераб. и доп. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2001. – 736 с.

165. Яшутин Н.В. Системное земледелие. Методология, научно-практические основы, опыт / Н.В. Яшутин, В.И. Бивалькевич, Н.Д. Иост. – Барнаул: ОАО «Алтайский полиграфический комбинат», 1996. – 392 с.
166. Яшутин Н.В. Системы земледелия (на примере сибирских регионов): учебное пособие / Под ред. Н.В. Яшутина. 2-е изд. перераб. и доп. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2005. – 437 с.
167. Bouma J. Land evaluation for landscape units // Handbook of soil science / Ed by M.E. Sumner ed CRC Press. 2000. P. E-393-E-412.
168. Bouma J. Land Qualities in Space and Time // Land Qualities in Space and Time. PUDOC. Wageningen, 1989. – P. 3-14.
169. Bouma J. Soil environmental quality: A European perspective // J. Environ. Qual. 1997. Vol. 26. – P. 26-31.
170. Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA Special Publication no 35 / 1994.
171. Doran J.W., Parkin T.B. Defining and Assessing Soil Quality // Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. SSSA Special Publication no. 35 / 1994. – P. 3-21.
172. FAO. A framework for land evaluation. FAO Soil Bull. 32. 1976.
173. In situ soil remediation. Kluwer Academic Publishers, 1997.
174. Land evaluation. Part I. Principles in land evaluation and crop production calculations / Ed by I.C. Sys. E. Van Ranst, I.J. Debaveye. ITC, 1991.
175. Land evaluation. Part II. Methods in land evaluation / Ed by I.C. Sys. E. Van Ranst, I.J. Debaveye. ITC, 1991.
176. Land evaluation. Part III. Crop requirements / Ed by I.C. Sys. E. Van Ranst, I.J. Debaveye. ITC, 1993.
177. Land quality indicators and their use in sustainable agriculture and rural development. FAO Land and Water Bull. 5. Rome, 1997.
178. Methods for assessing soil quality/ Ed by J.W. Doran, A.J. Jones // SSSA Special Publication no. 49, 1996.

179. Rossiter D.G. A theoretical framework for land evaluation // *Geoderma*, 1996. Vol. 72. – P. 165-190.
180. Rossiter D.J., Van Wambeke A. *Automated Land Evaluation System*. Cornell University, 1995.
181. Singer M.J., Ewing S. Soil quality // *Handbook of soil science* / Ed. by M.E. Sumner. CRC Press, 2000. – P. G-271-G-298.
182. Soil quality for crop production and ecosystem health / Ed. by E.G. Gregorich, M.R. Carter. Elsevier, 1997.
183. Sombroek W.G. Land resource evaluation and the role of land-related indicators // *Land quality indicators and their use in sustainable agriculture and rural development*. FAO Land and Water Bull. 5. Rome, 1997. – P. 9-17.
184. Van Diepen C.A., Van Keulen H., Wolf J., Berkhout J.A.A. Land evaluation: from Intuition to Quantification // *Advances in Soil Science*. 1991. – P. 139-204.
185. Van Lanen H.A.J., Hack-ten Broeke M.J.D., Bouma J., Groot W.J.M. de. A mixed qualitative/ quantitative physical land evaluation methodology // *Geoderma*, 1992. Vol. 55. – P. 37-54.
186. Wagenet R.J., Hutson J.L. Soil quality and its dependence on dynamic physical processes // *J. Environ. Qual*, 1997. Vol. 26. – P. 41-48.
187. Wagenet R.J., Hutson J.L., Bouma J. Modeling water and chemical fluxes as driving forces of pedogenesis // *Quantitative Modeling of Soil Forming Processes*/ Ed.by R.B. Bryant and R.W. Arnold. Madison, USA, 1994. P. 17-35.