



МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
КАФЕДРА ХИМИИ, ЭКОЛОГИИ И МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ

Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных земель
Карталинского района Челябинской области

Выпускная квалификационная работа по направлению
05.03.06 Экология и природопользование (с одним профилем
подготовки)

Направленность программы бакалавриата

«Природопользование»

Форма обучения очная

Проверка на объем заимствований:
71,59 % авторского текста

Выполнил:
Студент группы ОФ-401/058-4-1
Постолов Алексей Петрович *Postolov*

Работа рекомендована к защите
рекомендована/не рекомендована

«06» июня 2022г.

Зав. кафедрой Химии, экологии и методики
обучения химии
(название кафедры)

Научный руководитель:
проф., д-р биол. наук
Назаренко Назар Николаевич

[Signature] Сутягин А.А.

[Signature]

Челябинск
2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ.....	6
1.1 Задачи и принципы построения агроэкологической оценки земель.....	6
1.2 Агроэкологические требования сельскохозяйственных культур как исходный критерий агрооценки земель.....	8
1.3 Бонитировка почв.....	11
1.4 Способ картограмм, как агроэкологический анализ.....	12
1.5 Биоклиматический потенциал.....	13
ГЛАВА 2. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ НА ПРИМЕРЕ КАРТАЛИНСКОГО РАЙОНА ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ	14
1.1 Оценка агроклиматических показателей.....	17
1.2 Сравнительная оценка бонитировки почвы.....	19
1.3 Оценка биоклиматического потенциала.....	36
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	39
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	40

ВВЕДЕНИЕ

Почва – основное средство сельскохозяйственного производства. Присущее ей свойство – плодородие – широко используется в практике для производства всех видов сельскохозяйственной продукции, в которой нуждается человеческое общество.

Но почва и ее плодородие находятся в динамике, развитии и изменяются как в ходе естественных процессов – без освоения, так и при освоении – использовании в производственной деятельности людей.

Распашка земель, выпас скота, неправильное хранение, внесение удобрений и пестицидов и гидромелиорация, разрастающаяся сеть автодорог вносят неблагоприятные изменения в структуру почвенного покрова. В связи с этим необходима более полная и количественная оценка почвенного покрова с учетом показателей ландшафтного анализа территории для внедрения адаптивно-ландшафтных систем земледелия, с целью разработки более точных рекомендаций по рациональному использованию каждого элементарного почвенного ареала, повышению плодородия почв и их охране, разработки противодеградационных мероприятий, контроля негативных процессов, вызываемых сельскохозяйственным производством.

Адаптивно-ландшафтная система земледелия – это система использования земли определенной агроэкологической группы, ориентированная на производство продукции экономически и экологически обусловленного количества и качества в соответствии с общественными (рыночными) потребностями, природными и производственными ресурсами, обеспечивающая устойчивость агроландшафта и воспроизводство почвенного плодородия.

Проектирование адаптивно-ландшафтной системы земледелия основывается в том числе и на системе агроэкологической оценки земель, включающей следующие позиции: ландшафтно-экологический анализ

территории, агроэкологическую оценку почв, агроэкологическую типизацию и классификацию земель, агро-геоинформационные системы по агроэкологической оценке земель.

Агроэкологическая оценка земель значительно отличается от традиционной системы землеоценки. Общие недостатки прежней системы агрооценки в большой мере связаны с узко потребительским отношением к природопользованию и ограниченностью экологического кругозора.

Агроэкологическая оценка земель – это сопоставление требований сельскохозяйственных культур к условиям произрастания с агроэкологическими условиями конкретной территории. По сути, это оценка их плодородия, при которой устанавливают, насколько выгодно возделывать ту или иную культуру на определенной территории. Оценка агроэкологического и качественного состояния почвенного покрова – необходимое условие для научно обоснованного решения многих практических задач развития агропромышленного комплекса и рационального использования земель. Без проведения агроэкологической оценки почв трудно решить вопросы правильного планирования сельскохозяйственного производства, выявления резервов эффективного использования земли.

Актуальность: сельскохозяйственной деятельности влечёт деградацию почвы. Соответственно следует вести экологический мониторинг земель сельскохозяйственного назначения.

Цель работы – проведение агроэкологической оценки почвенного покрова Карталинского района, Челябинской области.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1 Оценка агроклиматических и биоклиматического потенциала ресурсов Карталинского района.
- 2 Выполнить бонитировку и оценку биоклиматического потенциала почв Карталинского района

3 Дать сравнительная оценку изменения агроэкологических показателей за 12 лет.

Объект работы: агроэкологические характеристики климата и почв Карталинского района Челябинской области.

Предмет: показатели агроклимата и качества почв Карталинского района Челябинской области.

ГЛАВА 1. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ

1.1 Задачи и принципы построения агроэкологической оценки земель

Для разработки и освоения адаптивно-ландшафтных систем земледелия необходима адекватная система агроэкологической оценки земель. Она значительно отличается от традиционной системы землеоценки, практиковавшейся при разработке проектов внутрихозяйственного землеустройства [5].

Прежняя землеоценочная основа не имела экологической определенности, поскольку сами зональные системы земледелия были лишены конкретного экологического адреса. Землеоценка была безальтернативной, так же, как и системы земледелия, как правило однозначные, поставленные в рамки директивного планирования. Многочисленные землеоценочные материалы всех уровней (почвенные, агроклиматические, мелиоративные, эрозионные и другие тематические карты всех масштабов, данные изысканий и экспериментов) весьма ограниченно были востребованы на практике в связи с экстенсивной аграрной политикой и низким технологическим уровнем земледелия. Там, где требования к землеоценке повышались, особенно в проектах мелиорации земель, проявлялась слабая интеграция оценочных решений из-за разобщенности специалистов различных профилей. Общие недостатки прежней системы агрооценки земель в большой мере связаны с узкопотребительским отношением к природопользованию и ограниченностью экологического кругозора [5].

Своеобразно проявилась цеховая «приватизация» различных сторон землеоценки, в особенности подмена группировки земель группировкой почв, что задержало развитие классификаций и земель, и почв [5].

До последнего времени проекты земледелия и внутрихозяйственного землеустройства выполнялись на основе агропроизводственных группировок почв, которые разрабатывались по материалам

крупномасштабных почвенных карт. Существенными их недостатками были: в большинстве случаев крайне слабое отражение структуры почвенного покрова, недостаточное отражение рельефа, литологических и гидрогеологических условий. Практически не учитывались почвенно-ландшафтные связи [5].

В отличие от агропроизводственной группы не связанных между собой участков почв, агроэкологическая группа земель представляет собой агроэкологическую общность, пространственно характеризуемую геосистемой, функционирование которой происходит в единой цепи миграции вещества и энергии. Построение ее осуществляется с учетом законов и правил функционирования этой системы. Чем выше уровень интенсификации земледелия и насыщенность высокоэффективными наукоемкими агротехнологиями, тем выше требования к полноте и точности землеценочной основы [5].

Таким образом, задачи агроэкологической оценки земель заключаются в том, чтобы идентифицировать агрономически значимые параметры различающихся участков земель (в соответствии с агроэкологическими требованиями сельскохозяйственных культур и агротехнологий), определить ландшафтные связи между ними, особенности энерго-массопереноса и ландшафтно-геохимические потоки, в пределах которых возможны антропогенные преобразования [5].

Предлагаемая система агроэкологической оценки земель включает следующие позиции: ландшафтно-экологический анализ территории, агроэкологическую оценку почв, агроэкологическую типизацию и классификацию земель, агрогеоинформационные системы по агроэкологической оценке земель. Оценка земель соотносится с системой агроэкологической оценки сельскохозяйственных культур, требования которых сопоставляются с агроэкологическими параметрами земель в процессе формирования агроэкологических типов земель. Агроэкологическая оценка земель определенным образом соотносится с

экономической оценкой (цена земли, прибыль и т.д.), социоэкологической (условия жизни людей) и эколого-экономической (оценка ущерба от деградации земель и др.) [5].

1.2. Агроэкологические требования сельскохозяйственных культур как исходный критерий агрооценки земель.

Агроэкологическая оценка земель осуществляется в соответствии с биологическими требованиями сельскохозяйственных культур к условиям произрастания, их средообразующим влиянием и агротехнологиями. Эти условия сопоставляются с агроэкологическими параметрами первичных земельных участков (элементарных ареалов агроландшафта – ЭАА), на основании чего делается вывод о степени пригодности их для использования под ту или иную культуру. Близкие по условиям возделывания конкретных сельскохозяйственных растений ЭАА объединяются в агроэкологические типы земель, в пределах которых формируются производственные участки. Чем выше уровень интенсификации производства, тем точнее должны быть соответствующие оценки. При интенсивных агротехнологиях, особенно при высокоинтенсивных, эта задача решается на основе математических моделей земледелия с использованием ГИС-технологий, автоматизированного проектирования и реализуется на практике новейшими агротехнологическими и информатизационными средствами. Это означает, что система агроэкологической оценки культур и соответствующая ей система агроэкологической оценки земель должны получить предельно конкретизированное достаточно формализованное выражение [4].

Пока что не все аспекты агроэкологической оценки растений разработаны с достаточной полнотой, особенно почвенные, некоторые трудно поддаются формализации. Часть критериев данной оценки имеют описательный характер и основываются на практическом опыте без

углубленной экспериментальной проработки, что определяет необходимость развития соответствующих научных исследований. Тем не менее имеющийся обширный фактический материал позволяет достаточно эффективно решать эту задачу при формировании современных систем земледелия. Следует ускорить разработку региональных рекомендаций по данному вопросу с учетом местных условий, культур, сортов растений. В качестве общего руководства можно воспользоваться учебником, в котором схематично рассмотрена система агроэкологической оценки культур в указанных аспектах. Она включает следующие основные позиции: [4].

1 Оценка сельскохозяйственных культур по их биологическим требованиям к условиям произрастания [4].

Отношение растений к свету:

- размещение растений по реакции на продолжительность дня (длинного, короткого, нейтрального);
- определение потенциальной урожайности культур по приходу ФАР.

Требования растений к теплообеспеченности и температурному режиму:

- длительность вегетационного периода;
- требуемая сумма активных температур (выше 10°C) за период вегетации;
- биологический минимум температуры при прорастании семян, появлении всходов, формировании вегетативных и генеративных органов, плодоношении, перезимовке растений;
- холодоустойчивость (способность растений в течение длительного времени переносить низкие температуры ($1-10^{\circ}\text{C}$) без необратимых повреждений);
- морозоустойчивость (способность растений переносить температуру ниже 0°C);

– жароустойчивость (способность растений переносить жару без необратимого повреждения).

Отношение растений к влагообеспеченности, водному и воздушному режимам почв:

– оптимальная влажность корнеобитаемого слоя почвы, при которой достигается максимальная интенсивность роста растений;

– коэффициент завядания растений (отношение влажности завядания к максимальной гигроскопичности почвы); коэффициент транспирации растений (количество воды в граммах, которое расходуется на синтез 1 г. сухого вещества);

– коэффициент водопотребления сельскохозяйственных культур (количество воды в м³, расходуемое на испарение с поверхности почвы и транспирацию для образования 1 т. биомассы);

– устойчивость растений к переувлажнению и затоплению;

– отношение растений к глубине залегания пресных и засоленных, застойных и проточных грунтовых вод.

Требования растений к физическим условиям почв, их сложению и структурному состоянию:

– отношение к гранулометрическому составу, скелетности почв, глубине подстилания плотными породами; отношение к плотности почвы.

Потребность растений в элементах питания и характер их потребления.

Отношение к реакции почвы (рН).

Чувствительность к повышенному содержанию подвижных алюминия, марганца, к восстановительным условиям (ОВП).

Солеустойчивость – устойчивость к избыточной концентрации солей в почвенном растворе в связи с повышением осмотического давления и токсичным влиянием.

Солонцеустойчивость – способность растений преодолевать в основном неблагоприятные агрофизические свойства почв, обусловленные их солонцеватостью.

Отношение растений к карбонатности почв.

Устойчивость сельскохозяйственных культур к эродированным и техногенно нарушенным почвам.

Отношение растений к фитосанитарным условиям почвы.

Чувствительность растений к загрязнению почв тяжелыми металлами, радионуклидами и другими токсикантами.

Реакция растений на загрязнение воздуха.

2 Оценка сельскохозяйственных культур по влиянию на почвы и ландшафты в связи с биологическими особенностями и технологиями возделывания [4].

Оценка культур по количеству растительных остатков, поступающих в почву, и их качественному составу.

– Влияние растений на симбиотическую и ассоциативную азотфиксацию.

– Влияние культур и технологий на сложение и структурное состояние почв.

Оценка растений по характеру их влияния на водный режим почв.

Оценка фитомелиоративного влияния растений на почву.

Оценка культур по влиянию на фитосанитарное состояние почв:

– влияние на накопление специфических видов сорняков, болезней и вредителей;

– влияние на почвоутомление.

1.3 Бонитировка почв

Бонитировка почв предполагает собой сравнительную количественную оценку их продуктивности при соответственном показателе интенсивности сельскохозяйственных работ. Величины баллов

бонитетов почв должны быть пропорциональны урожайности определённых агропромышленных культур, в отношении которых проводится бонитировка почв [8].

Балл бонитета почвы демонстрирует отношение ее плодородия для данной агропромышленной культуры к плодородию лучшей из распространённых почв пашни, на которых произрастает эта культура, при сравнимом показателе интенсивности сельскохозяйственных работ [3].

Предпосылкой для расчёта баллов бонитета почв для индивидуальных агропромышленных культур характеризуется почвенно-экологический показатель, описывающий в сравнительных величинах комплекс агроэкологических требований для выращивания культур [3].

В соответствии с этим, просчитаны баллы бонитетов для ведущих агропромышленных культур, выращиваемых на территории РФ, а именно, зерновых, подсолнечника и многолетних трав [3].

Шкала баллов бонитета приобретает 100-балльную концепцию. Это обозначает, что балл бонитета почв, на которых данная культура обширно выращивается и сосредоточивает существенные площади, не должен превосходить 100. Впрочем, отдельные малораспространенные почвы в ареале обширного выращивания данной культуры могут приобретать наиболее высокий балл [5].

1.4 Способ картограмм, как агроэкологический анализ

Способ картограмм – это изображение относительных статистических показателей по единицам административно-территориального деления, области, провинции и т.д. В отличие от картодиаграмм, для составления которых служат абсолютные величины, в картограммах используются относительные показатели, получаемые в результате деления двух абсолютных величин или же из подсчета процентных соотношений [1].

Наиболее распространенное графическое средство способа картограмм – цвет или штриховка в пределах территориальных единиц, интенсивность которых закономерно меняется соответственно нарастанию или убыванию значения картографируемого показателя.

К достоинствам картограмм относится простота их построения, особенно автоматизированного, и восприятия. Но картограммы не показывают различий в интенсивности явлений внутри территориальных единиц; они как бы равномерно распределяют явление в пределах каждой территориальной единицы, создавая иллюзию резкой смены интенсивности на ее границах. Подлинный же характер размещения явления из-за отсутствия связи с его естественным районированием передать картограммой невозможно [1].

1.5 Биоклиматический потенциал

Биоклиматический потенциал — комплекс климатических факторов, определяющих возможную биологическую продуктивность земли на данной территории [1].

Основу имитационной системы «климат – почва – урожай» составляет динамическая модель продукционного процесса и водно-теплового режима агроценоза «погода – урожай». В качестве входной информации используются данные сетевых метеорологических и агрометеорологических наблюдений, а также данные о водно-физических свойствах почвы и уровне её плодородия. Модель позволяет осуществлять расчёт/прогноз динамики накопления фитомассы посева, включая её продуктивную часть (урожай), а также основных составляющих водного баланса почвы и запасов почвенной влаги. Расчёты выполняются с суточным шагом по времени на протяжении всего периода вегетации конкретной культуры [1].

ГЛАВА 3. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ НА ПРИМЕРЕ КАРТАЛИНСКОГО РАЙОНА ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Проведённые исследования были нацелены на обнаружение качественного состояния почв земель агропромышленного назначения за 2006 г. и 2018 г. Информационной базой исследования послужили данные многолетнего агроэкологического мониторинга почв, проводимого ФГБУ САС «Карталинская».

Мониторинг выполнялся в производственных условиях на постоянно закреплённых реперных участках в соответствии с «Методическими указаниями по проведению локального мониторинга на реперных и контрольных участках». 10 реперных участков заложено в районе ФГБУ САС «Карталинская» (Великопетровский, Полтавский, Снеженский, Мичуринский, Варшавский, Еленинский, Неплюевский, Сухореченский, Анненский, Ю-Степной сельский муниципалитет) и охватывает в основном зону черноземными почвами (рисунок 1).

Почвенный покров Карталинского района представлен, в основном, чернозёмными почвами (76,9 %), из них чернозём выщелоченный занимает 35,2 % площади пашни, обыкновенный 16,1 %, солонцеватый – 14,5 %, южный – 8,7 % и карбонатный 2,4 %. Большую площадь составляет солонцы – 16,8 %, как мелкими и крупными пятнами, так и в комплексе с чернозёмами. Остальная площадь пашни занята темно-серыми (1,2 %), луговыми (1,2 %) почвами, а также малоразвитыми (3,2 %), а почвы на цветных глинах составляет 0,7 % площади пашни.

Чернозёмы выщелоченные встречаются, в основном, крупными однородными контурами, характеризуется пониженной глубиной карбонатного горизонта. Кроме того, для выщелоченных чернозёмов характерно некоторое покраснение и уплотнение переходного горизонта, что является результатом перемещения коллоидных веществ и полуторных окислов из верхних в глубжележащие горизонты.

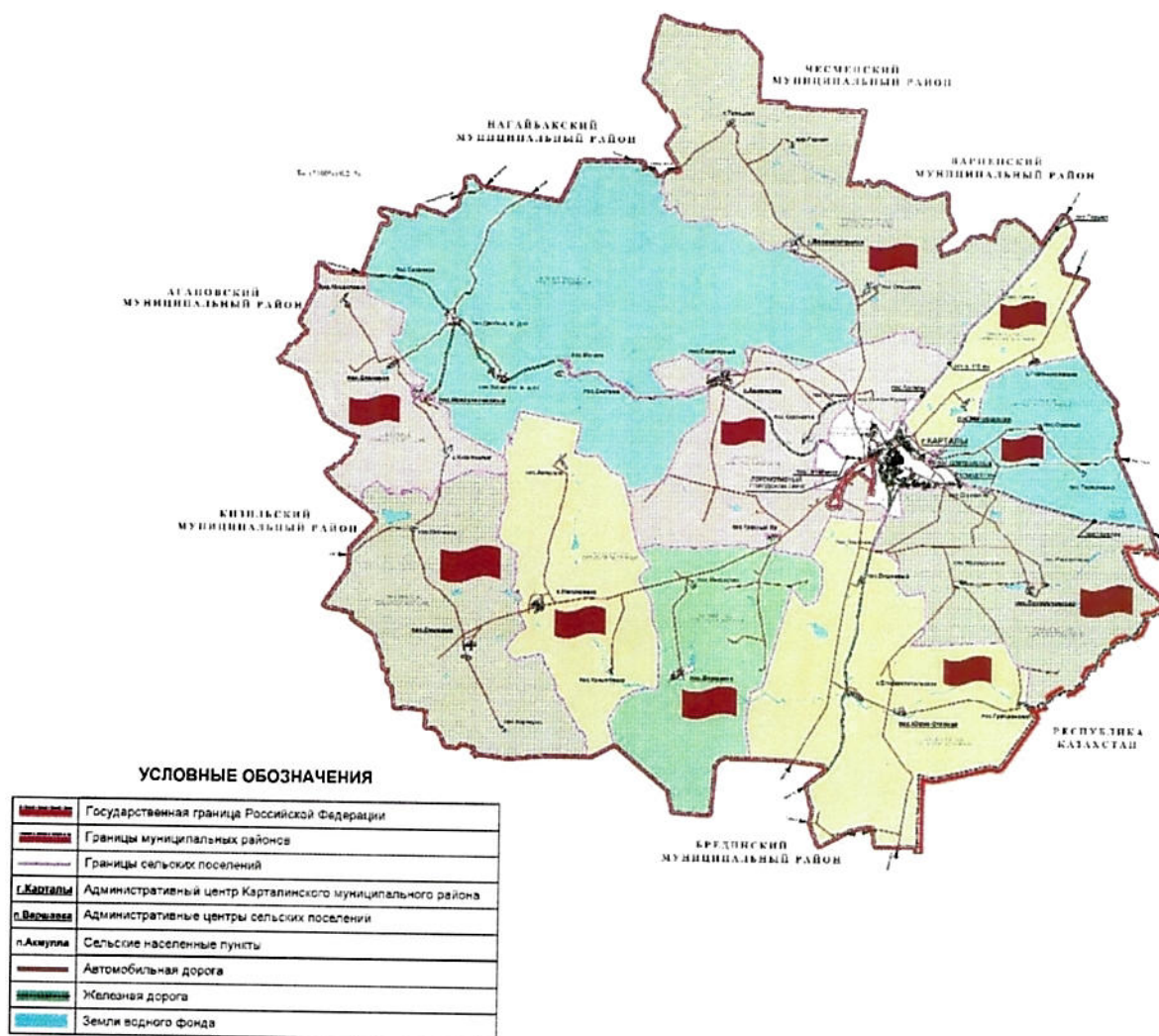


Рисунок 1 – Расположение реперных участков в границах сельских поселений Карталинского района

По мощности перегнойного горизонта выщелоченные черноземы выделены на маломощные (горизонт А + В меньше 40 см) и среднемощные (горизонт А + В больше 40 см).

Наиболее распространенной разновидностью является чернозем маломощный среднесуглинистый, мощность перегнойного горизонта колеблется в пределах 20–40 см, у среднемощных соответственно 35–70 см.

По гранулометрическому составу выделены тяжело и среднесуглинистые почвы. Содержание гумуса в пахотном слое 4–6 %, реакция почвенной среды в основном, нейтральная, подвижного фосфора мало, обменного калия достаточно. Почвенно-поглощающий комплекс

насыщен катионами кальция и магния, причем количество поглощенного кальция преобладает над поглощенным магнием.

Выщелоченные черноземы обладают большим запасом питательных веществ, но часто они находятся для растений в труднодоступной форме.

Черноземы обыкновенные формируются в условиях спокойного рельефа однородными контурами на карбонатных глинах и тяжелых суглинках. Морфологические признаки обыкновенных черноземов – близкое залегание карбонатов кальция под перегнойным горизонтом. Пахотный горизонт черноземов обыкновенных – среднегумусный маломощный глинистый. Черноземы обыкновенные бедны фосфором, средне- и высоко обеспечены калием, реакция почвенной среды близкая к нейтральной и нейтральная. Мощность гумусового горизонта 25–40 см, содержание гумуса – 4–6 %, с глубиной (свыше 40 см) постепенно падает на 1–2 %. Почвообразующие породы – делювиальные желто-бурые глины.

В почвенном поглощающем комплексе содержится значительное количество кальция. Эти почвы обладают высоким потенциальным плодородием, хорошими физико-химическими свойствами.

Черноземы солонцовые залегают как однородными контурами, так и в комплексе с солонцами. Почвенный профиль этих почв обладает специфическими морфологическими особенностями. Гумусовый горизонт А в сухом состоянии комковато глыбистый. Особенно неблагоприятными физическими свойствами наделен горизонт В, который обладает большой вязкостью и липкостью в сыром состоянии и очень тверд в сухом. Это связано с тем, что в солонцеватых черноземах почвенно-поглощающий комплекс насыщен катионами магния и натрия, при этом на долю натрия приходится 9–10 % от суммы поглощенных оснований в горизонте В. Черноземы солонцеватые содержат мало фосфора, достаточно калия, реакция почвенной среды нейтральная.

Солонцы приурочены к выходам соленосных глин и имеют с поверхности рыхлый темно-серый горизонт с непрочной солевой

структурой, мощность его от 3–5 см до 15–20 см. По мощности надсолонцового горизонта солонцы делятся на мелкие, средние и глубокие. Солонцы в гумусовом горизонте имеют такое количество обменного натрия, которое обуславливает резкое развитие в почвах солонцеватых свойств: щелочная реакция, образование соды, вязкость, липкость и набухание во влажном состоянии, уплотнение в сухом. Щелочная или слабокислая реакция (в верхнем горизонте) почвенной среды, обеспеченность фосфором низкая, калием высокая, содержание гумуса среднее. Водная вытяжка имеет невысокую степень засоления, с глубиной количество водорастворимых солей заметно возрастает.

Остальные почвенные разности занимают небольшие площади и не имеют широкого распространения.

Для комплексной агроэкологической оценки мы использовали имитационную систему «Климат-почва-урожай» для территории Карталинского района Челябинской области.

1.1 Оценка агроклиматических показателей

В качестве показателя засух, рассмотрен наиболее востребованный в отечественной гидрометеорологической практике гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова, значения которого определяются по формуле (1):

$$\text{ГТК} = \frac{P}{0,1 * (T > 10^{\circ}\text{C})}, \quad (1)$$

где P – количество осадков за тот же период;

$T > 10^{\circ}\text{C}$ – сумма средних суточных температур воздуха за период с температурами воздуха выше 10°C .

Интенсивность засухи была распределена по классификации на основе индексов ГТК (таблица 1).

Таблица 1 – Классификация засух на основе индексов ГТК

Интенсивность засухи	ГТК
Слабая	$0.8 < ГТК \leq 1$
Умеренная	$0.6 < ГТК \leq 0.8$
Сильная	$0.3 < ГТК \leq 0.6$
Экстремальная	$ГТК \leq 0.3$

На рисунке 2 показана оценка температуры и осадков в период с 2006–2020 гг. на территории Карталинского района Челябинской области, мы видим за весь период среднее максимальное количество осадков достигало около 83,5 мм в 2011 г., а среднее минимальное количество осадков достигло около 21,9 мм в 2014 г. По температуре среднее максимальное достигало около 5,6 °С в 2020 г. А минимальная средняя температура достигала около 2,3 °С в 2011 г.

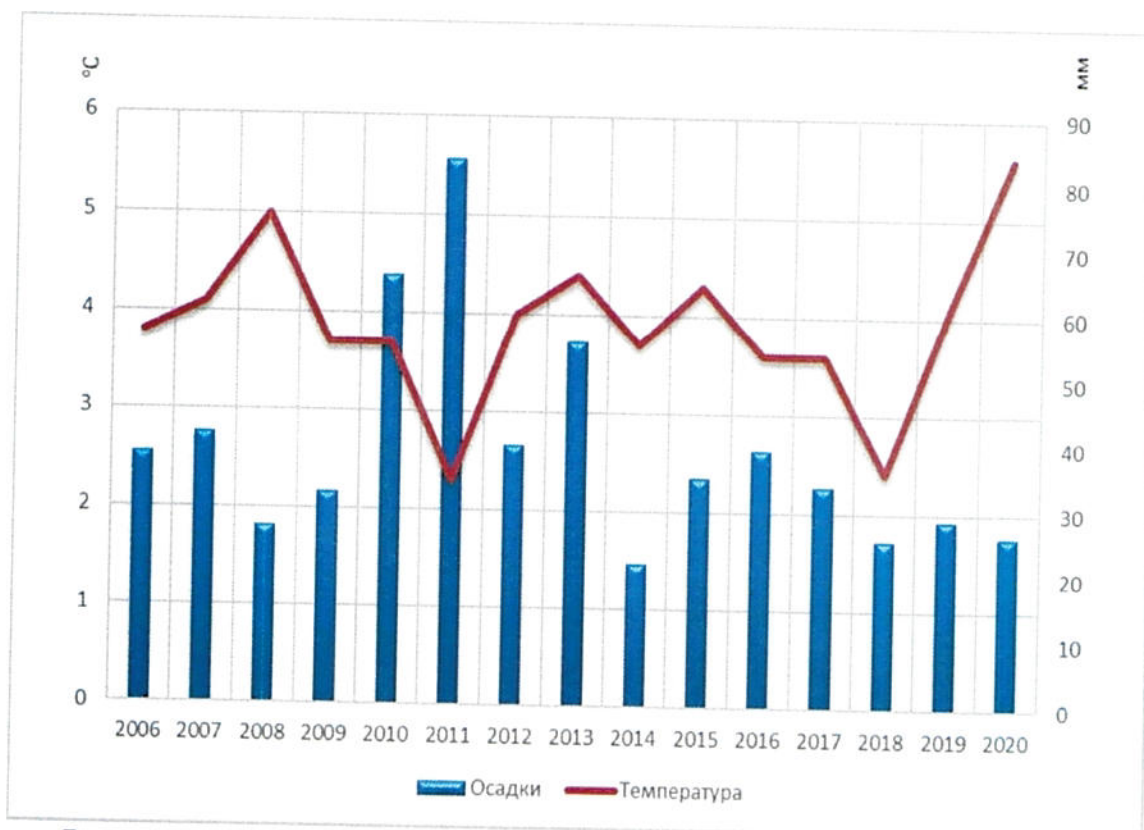


Рисунок 2 – Оценка температур и осадков Карталинского района Челябинской области

На рисунке 3 показана оценка интенсивности засухи Карталинского района Челябинской области по индексам ГТК, где показано, что

интенсивность засухи колеблется от слабой до сильной, то есть климат в данном периоде с 2006–2020 гг. является засушливым.

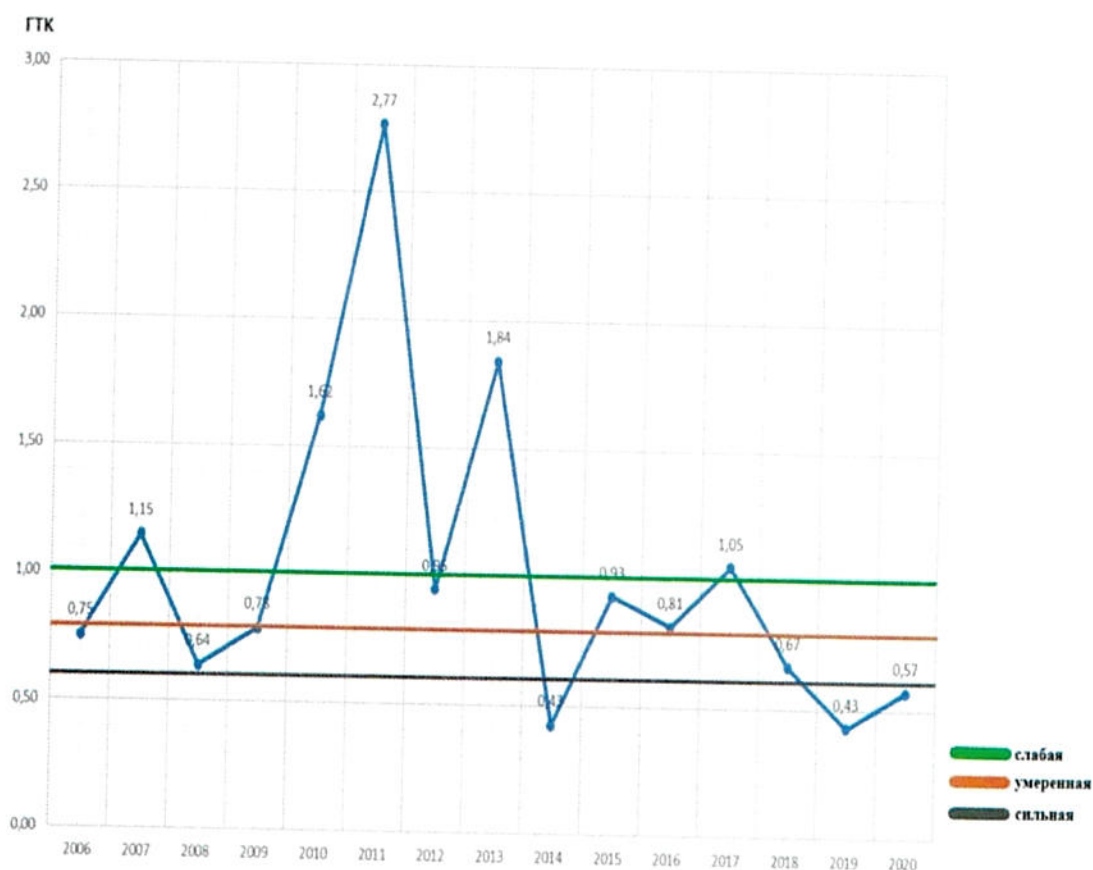


Рисунок 3 – Оценка интенсивности засухи по ГТК Карталинского района Челябинской области

1.2 Сравнительная оценка бонитировки почвы.

Расчет балла бонитета почв осуществлялся по методу ЦИНАО.

Этим методом бонитет оценивался по кислотность почв, содержанию гумуса, фосфора, калия и основных микроэлементов (медь, цинк, кобальт, марганец). Относительный балл бонитета почв по данному методу рассчитывался по следующей схеме: [10].

1 Определялся балл по каждому показателю (за исключением рН выше оптимума) по формуле (2):

$$Бп = \frac{X+100\%}{A}, \quad (2)$$

где: $B_{п}$ – относительный балл;

X – фактическое значение агрохимического показателя;

A – оптимальное значение агрохимического показателя.

2 Рассчитывался суммарный оценочный балл бонитета основных показателей по формуле (3):

$$B_1 = \frac{BpH + Bp205 + BK20 + Bг + Ba}{m}, \quad (3)$$

где: m – количество показателей, участвующих в расчете.

3 Рассчитывался оценочный балл бонитета сопутствующих показателей формула (4):

$$B = \frac{BCa + BMg + Bг}{m}, \quad (4)$$

4 По формуле (5) определялся общий оценочный балл бонитета по муниципалитету сельского поселения:

$$B = 0,5 \times (B_1 + B_2), \quad (5)$$

Качественная характеристика почв осуществляется в соответствии с интегрированной шкалой оценки почв и земель (таблица 2).

Таблица 2 – Интегрированная шкала оценки почв и земель

Класс бонитета почв и оценке земель	Балл бонитета почв и оценки земель	Общая характеристика качества почв и земель
X	91-100	Лучшие почвы и земли
IX	81-90	
VIII	71-80	
VII	61-70	Средние почвы и земли
VI	51-60	
V	41-50	
IV	31-40	
III	21-30	Худшие почвы и земли
II	11-20	
I	1-10	

Балл бонитета рассчитывался для почв каждого муниципального сельского образования Карталинского района за 2 периода 2006–2018 гг., как по основным агроэкологическим показателям (таблица 3 и 4), так и по дополнительным (таблица 3 и 5). Это позволяет сделать сравнительную оценку агроэкологического состояния почв исследуемой территории всего района.

Для удобства сравнения результаты бонитировки представлены в виде гистограмм (рисунки 2–10, нумерация соответствует нумерации муниципалитетов в таблицах 3–5).

Наивысшим основным суммарным баллом бонитета за 2006 г. характеризуются земли Ю.-Степного сельского поселения, а наименьшим – земли Сухореченского поселения (таблица 3).

Наивысшим дополнительным суммарным баллом бонитета за 2006 г. характеризуются земли Варшавского сельского поселения, а наименьшим – земли Аненского и Еленинского сельского поселения (таблица 3).

Таблица 3 – Бонитировка почв Каргалинского района по основным и дополнительным агроэкологическим показателям 2006 г.

Муниципалитет сельского поселения	Балл бонитета				
	фосфор	калий	pH	основной	дополнительные
Великопетровское	42,8	82,6	92,4	62,7	92,4
Полтавское	39,5	86,8	95,4	62,9	95,4
Снежненское	48,3	84,7	90,9	66,5	90,9
Мичуринское	42,8	84,2	93,9	63,5	93,9
Варшавское	39,5	86,3	100	62,9	100
Еленинское	72,5	93,1	87,8	82,8	87,8
Неплюевское	48,3	83,1	92,4	65,7	92,4
Сухореченское	29,6	92,1	98,4	60,8	98,4
Аненское	54,9	92,1	87,8	73,5	87,8
Ю.-Степное	100	100	98,4	100	98,4

Наивысшим основным суммарным баллом бонитета за 2018 г. характеризуются земли Полтавского сельского поселения, а наименьшим – земли Ю.-Степного поселения (таблица 4).

Таблица 4 – Бонитировка почв Карталинского района по основным агроэкологическим показателям 2018 г.

Муниципалитет сельского поселения	Балл бонитет					
	гумус	pH	фосфор	калий	азот	Основной показатель
Великопетровское	100	93,5	38,5	91,05	61,1	76,8
Полтавское	82,8	91,9	42,7	100	100	83,4
Снежненское	80	93,5	69,7	83,6	62,2	77,8
Мичуринское	88,5	95,1	55,2	84,2	55,4	75,6
Варшавское	75,7	100	44,7	88,4	54,8	72,7
Еленинское	42,8	96,7	100	85,2	65,7	78,06
Неплюевское	72,4	95,1	48,9	88,9	61,1	73,2
Сухореченское	74,2	96,7	37,5	90,5	62,2	77,2
Аненское	84,2	91,9	42,7	85,7	62,8	73,3
Ю.-Степное	71,4	95,1	38,5	83,1	65,7	70,7

Наивысшим дополнительным суммарным баллом бонитета за 2018 г. характеризуются земли Ю.-Степного сельского поселения, а наименьшим – земли Полтавского сельского поселения (таблица 5).

Таблица 5 – Бонитировка почв Карталинского района по дополнительным агроэкологическим показателям 2018 г.

Муниципалитет сельского поселения	Балл бонитет			
	кальций	магний	физическая глина	дополнительные показатели
Великопетровское	82,1	72,5	91,1	81,9
Полтавское	73,1	67,7	71,1	70,6
Снежненское	80,4	67,7	91,1	77,3
Мичуринское	78,7	61,2	84,4	74,7
Варшавское	100	74,1	97,7	90,6
Еленинское	78,7	59,6	84,4	74,2
Неплюевское	91,06	64,5	100	85,1
Сухореченское	91,6	82,2	68,8	80,8
Аненское	79,3	75,8	91,1	82,06
Ю.-Степное	88,8	100	97,7	95,5

По содержанию гумуса наибольшим баллом бонитета характеризуются почвы Великопетровского сельского поселения, а наименьшим – Еленинского (рисунок 2).

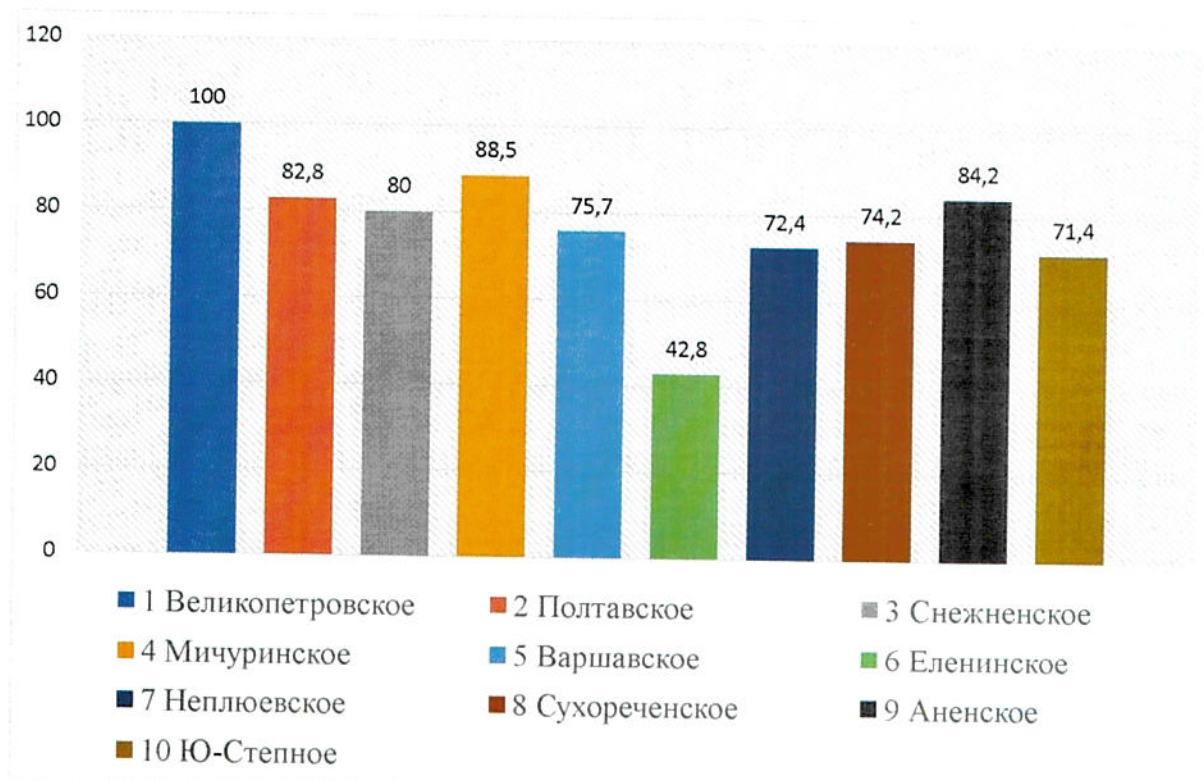


Рисунок 2 – Балл бонитета по содержанию гумуса 2018 г.

Наивысший балл бонитета по кислотности почвы за 2006 г. наблюдается для почв Варшавского сельского поселения, а наименьший - Еленинского и Аненского поселений (рисунок 3).

Наивысший балл бонитета по кислотности почвы за 2018 г. наблюдается для почв Варшавского сельского поселения, а наименьший – Полтавского и Аненского поселений (рисунок 3).

За период с 2006–2018 гг. балл бонитета по кислотности почвы улучшился у Великопетровского, Снежненского, Мичуринского, Еленинского, Неплюевского, Аненского сельского поселения. Ухудшились земли Полтавского, Сухореченского, Ю.-Степного сельского поселение. Стоит отметить, что земли Варшавского сельского поселения балл бонитета не изменился (рисунок 3).

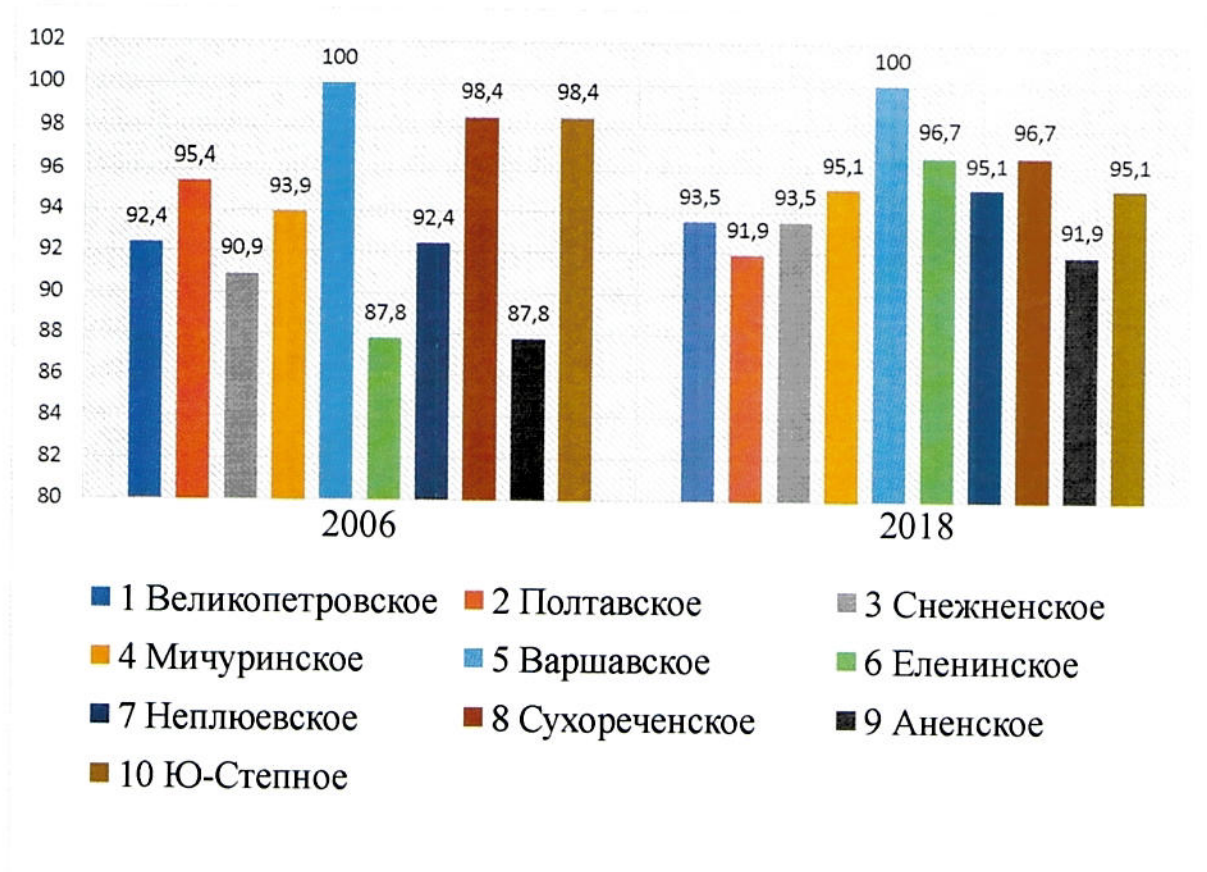


Рисунок 3 – Балл бонитета по кислотности почв

Наивысший балл бонитета по содержанию фосфора в почве за 2006 г. наблюдается для почв Ю.-Степного сельского поселения, а наименьший – Сухореченского сельского поселения (рисунок 4).

Наивысший балл бонитета по содержанию фосфора в почве за 2018 г. наблюдается для земель Еленинского сельского поселения, а наименьший – характерен для земель Сухореченского сельского поселения (рисунок 4).

За период с 2006–2018 гг. балл бонитета по содержанию фосфора в почвы улучшился у Полтавского, Снежненского, Мичуринского, Варшавского, Еленинского, Неплюевского, Сухореченского сельского поселения. Ухудшились земли Великопетровского, Аненского, Ю.-Степного сельского поселения (рисунок 4).

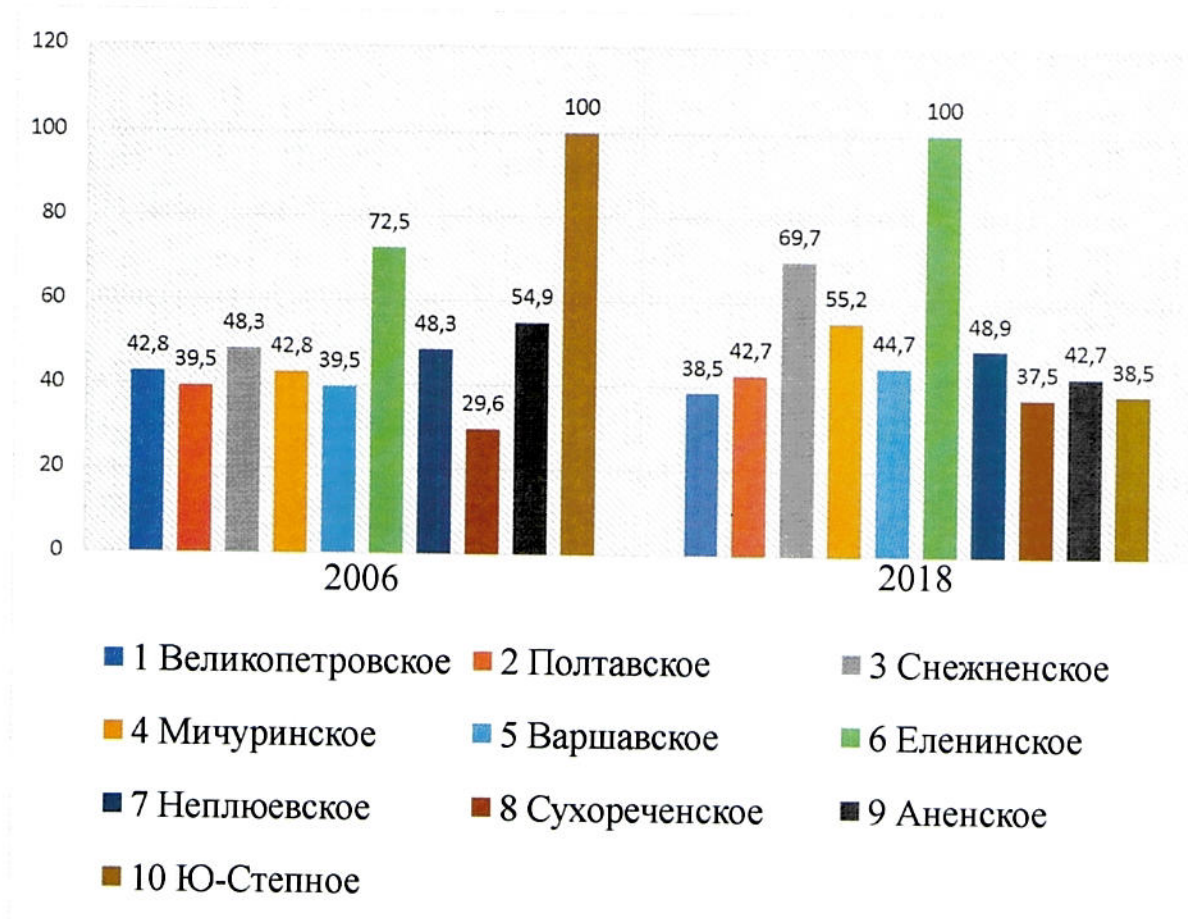


Рисунок 4 – Балл бонитета по содержанию фосфора

Наивысший балл бонитета по содержанию калия в почве за 2006 г. наблюдается для почв Ю.-Степного сельского поселения, а наименьший – Великопетровского поселения (рисунок 5).

Наивысший балл бонитета по содержанию калия в почве за 2018 г. наблюдается для земель Полтавского сельского поселения, а наименьший – характерен для земель Ю.-Степного сельского поселения (рисунок 5).

За период с 2006–2018 гг. балл бонитета по содержанию калия в почвы улучшился у Великопетровского, Полтавского, Варшавского, Неплюевского сельского поселения. Ухудшились земли Снежненского, Еленинского, Сухореченского, Аненского, Ю.-Степного сельского поселения. Стоит отметить, что земли Мичуринского сельского поселения балл бонитета не изменился (рисунок 5).

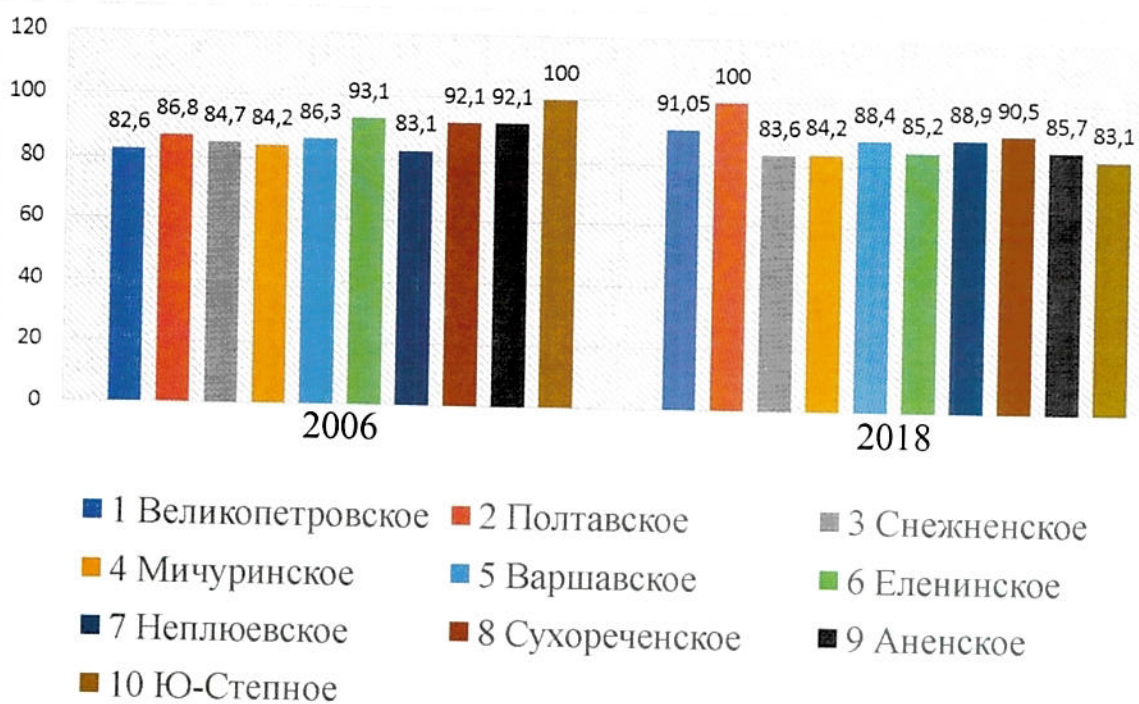


Рисунок 5 – Балл бонитета по содержанию калия

На рисунке 6 видно, что наиболее высокий балл бонитета по содержанию азота в почве характерен для земель Полтавского сельского поселения. Минимальный балл бонитета по содержанию азота в почве наблюдается для Варшавского сельского поселения.

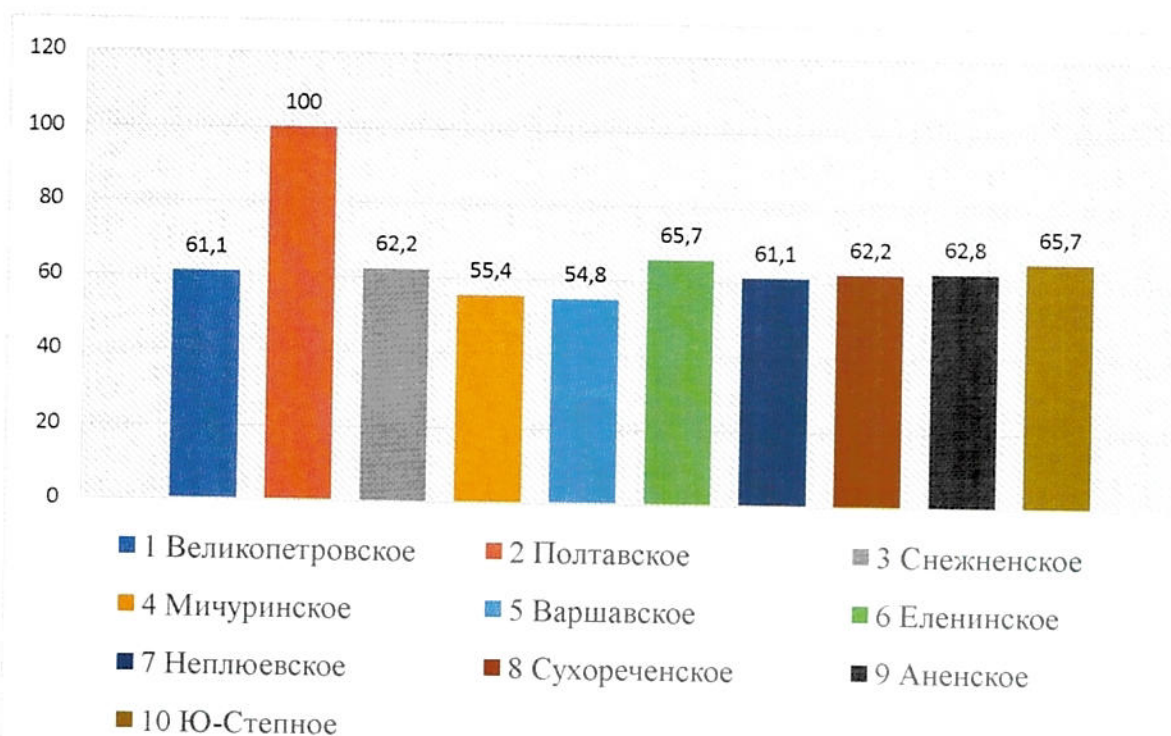


Рисунок 6 – Балл бонитета по содержанию азота 2018 г.

Наивысший балл бонитета по содержанию кальция в почве характерен для земель Варшавского сельского поселения. Минимальный балл бонитета по содержанию кальция в почве получили земли Полтавского сельского поселения (рисунок 7).

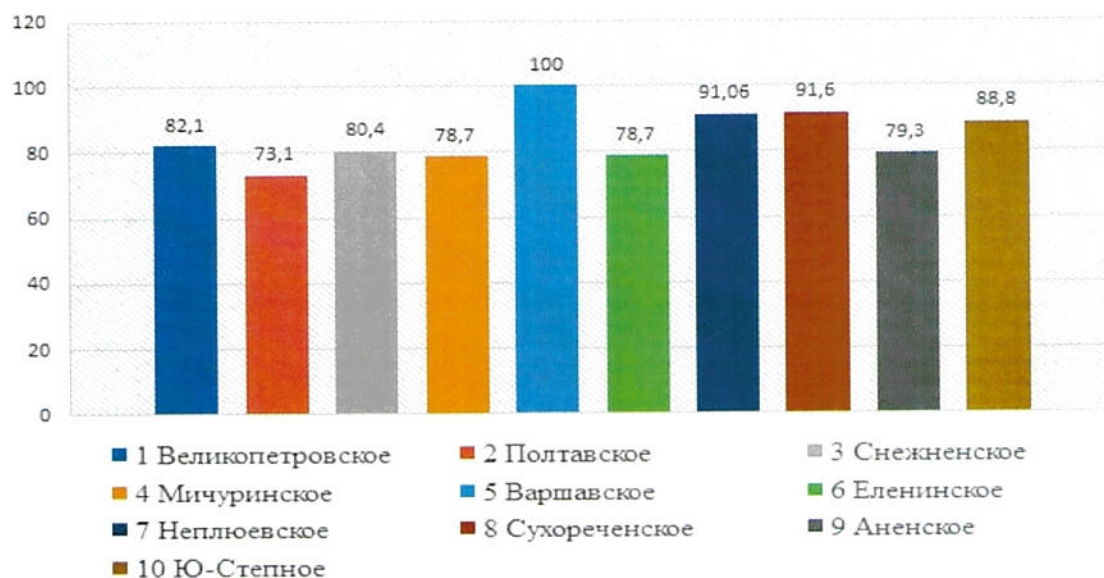


Рисунок 7 – Балл бонитета по содержанию кальция 2018 г.

На рисунке 8 видно, что наивысший балл бонитета по содержанию магния в почве характерен для земель Ю.-Степного сельского поселения. Наименьший балл бонитета по содержанию кальция в почве получили земли Мичуринского сельского поселения.

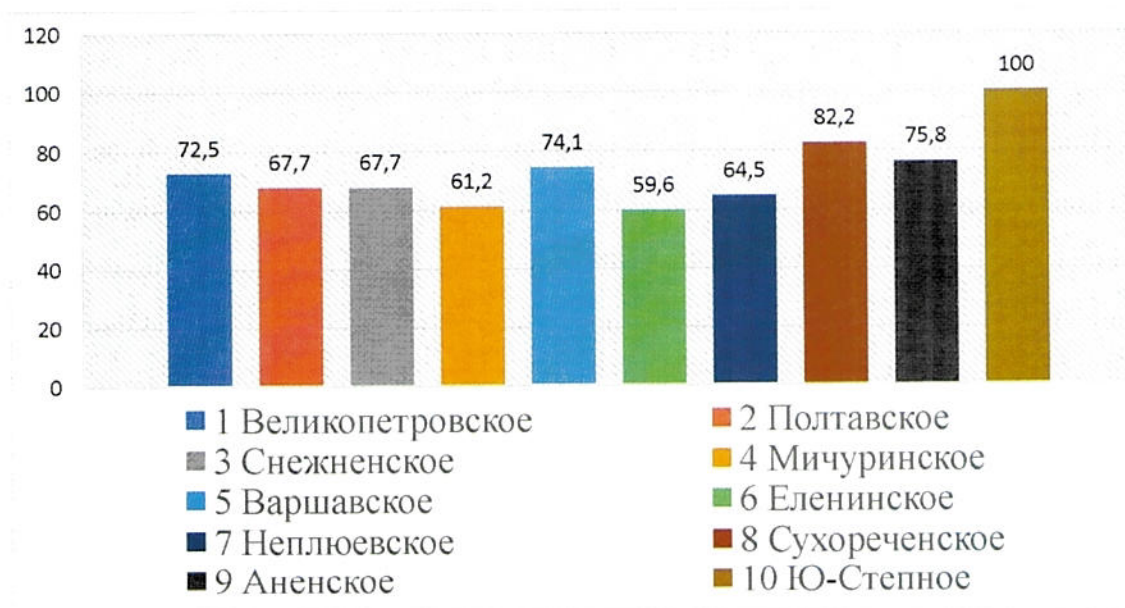


Рисунок 8 – Балл бонитета по содержанию магния 2018 г.

Наконец, наивысший балл бонитета по содержанию глины в почве (рисунок 9) получили земли Неплюевского сельского поселения, а наименьший – Сухореченского сельского поселения.

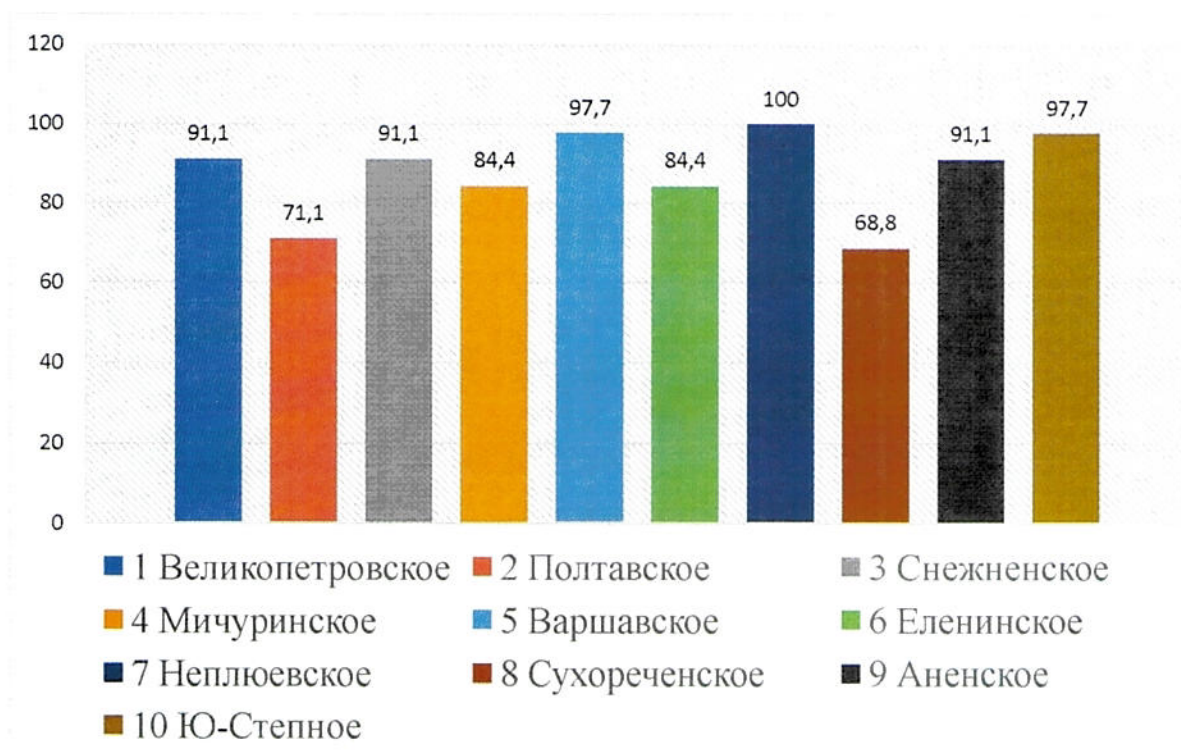


Рисунок 9 – Балл бонитета по содержанию глины 2018 г.

Общая интегральная оценка качества земель Карталинского района за 2018 г. (таблица 6) показывает, что наилучшими почвами характеризуется территория Ю.-Степного, Варшавского, Еленинского и Аненского сельских поселений, для которых балл бонитета превышает величину 80–90 баллов. Меньшую агроэкологическую ценность (балл бонитета менее 80 или почвы среднего класса) представляют почвы: Великопетровское, Полтавское, Снежненское, Мичуринское, Неплюевское, Сухореченское. При этом почвы Великопетровского муниципалитета характеризуются наименьшим качеством (77,5 балла)

Таблица 6 – Оценка качества почв по полученным показателям общего бонитета за 2006 г.

Муниципалитет сельского поселения	Балл бонитета почв и оценки земель	Общая характеристика качества почв и земель	Класс бонитета почв и оценке земель
Великопетровское	77,5	Лучшие почвы и земли	VIII
Полтавское	79,1	Лучшие почвы и земли	VIII
Снежненское	78,7	Лучшие почвы и земли	VIII
Мичуринское	78,7	Лучшие почвы и земли	VIII
Варшавское	81,3	Лучшие почвы и земли	IX
Еленинское	85,3	Лучшие почвы и земли	IX
Неплюевское	79,05	Лучшие почвы и земли	VIII
Сухореченское	79,6	Лучшие почвы и земли	VIII
Аненское	80,6	Лучшие почвы и земли	VIII
Ю-Степное	99,2	Лучшие почвы и земли	X

Общая интегральная оценка качества земель Карталинского района за 2018 г. (таблица 7) показывает, что наилучшими почвами характеризуется территория Ю.-Степного и Варшавского сельского поселений, для которых балл бонитета превышает величину 80 баллов. Меньшую агроэкологическую ценность (балл бонитета менее 80 или почвы среднего класса) представляют почвы: Великопетровское, Полтавское, Снежненское, Мичуринское, Еленинское, Неплюевское, Сухореченское, Аненское. При этом почвы Полтавского муниципалитета характеризуются наименьшим качеством (74 балла).

Таблица 7 – Оценка качества почв по полученным показателям общего бонитета за 2018 г.

Муниципалитет сельского поселения	Балл бонитета почв и оценки земель	Общая характеристика качества почв и земель	Класс бонитета почв и оценке земель
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Великопетровское	79,3	Лучшие почвы и земли	VIII
Полтавское	74	Лучшие почвы и земли	VIII
Снежненское	77,5	Лучшие почвы и земли	VIII

Окончание таблицы 7

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Мичуринское	75,1	Лучшие почвы и земли	VIII
Варшавское	81,6	Лучшие почвы и земли	IX
Еленинское	76,1	Лучшие почвы и земли	VIII
Неплюевское	79,1	Лучшие почвы и земли	VIII
Сухореченское	79	Лучшие почвы и земли	VIII
Аненское	77,6	Лучшие почвы и земли	VIII
Ю.-Степное	83,1	Лучшие почвы и земли	IX

В ходе оценки качества почв по полученным показателям бонитета были составлены картограммы изменения качества почв за 2006 г. и 2018 г.

В ходе анализа рисунков 11, 12, можно сделать вывод, что за период с 2006–2018 гг. по основным показателям бонитета земли Ю.-Степного сельского поселения ухудшились с X класса перешли на VIII класс качества почвы по основным показателям. Земли Еленинского сельского поселения ухудшились с IX класса перешли на VIII класс качества почвы по основным показателям. Земли Варшавского, Великопетровского, Мичуринского, Сухореченского, Неплюевского и Снежненского сельского поселения улучшились с VII класса перешли VIII класс качества почвы по основным показателям. Земли Аненского сельского поселения остались в VIII классе без изменения качества почвы по основным показателям. И земли Полтавского сельского поселения улучшились с VII класса в IX класс качества почвы по основным показателям.

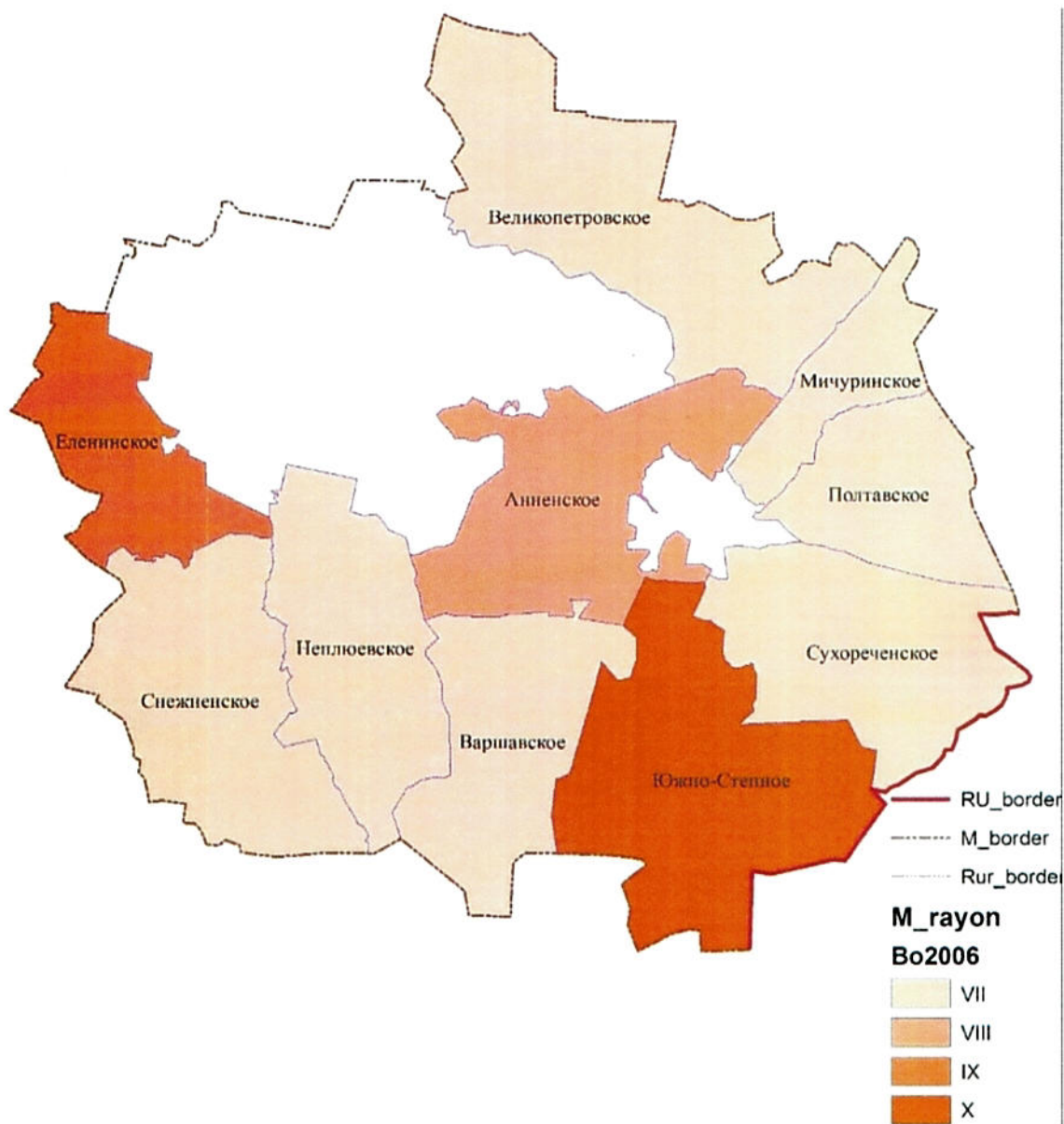


Рисунок 11 – Схема качества почв по полученным показателям основного бонитета 2006 г.



Рисунок 12 – Схема качества почв по полученным показателям основного бонитета 2018 г.

В ходе анализа рисунков 13, 14, можно сделать вывод, что за период с 2006–2018 гг. по дополнительным показателям бонитета земли Еленинского и Анненского сельского поселения ухудшились с IX класса перешли в VIII класс качества почв. Земли Снежинского, Неплюевского, Варшавского, Южно-Степного, Сухореченского, Мичуринского, Великопетровского сельского поселения ухудшились с X класса перешли в

VIII класс качества почвы. И земли Полтавского сельского поселения ухудшились с X класса перешли в IX класс качества почв.

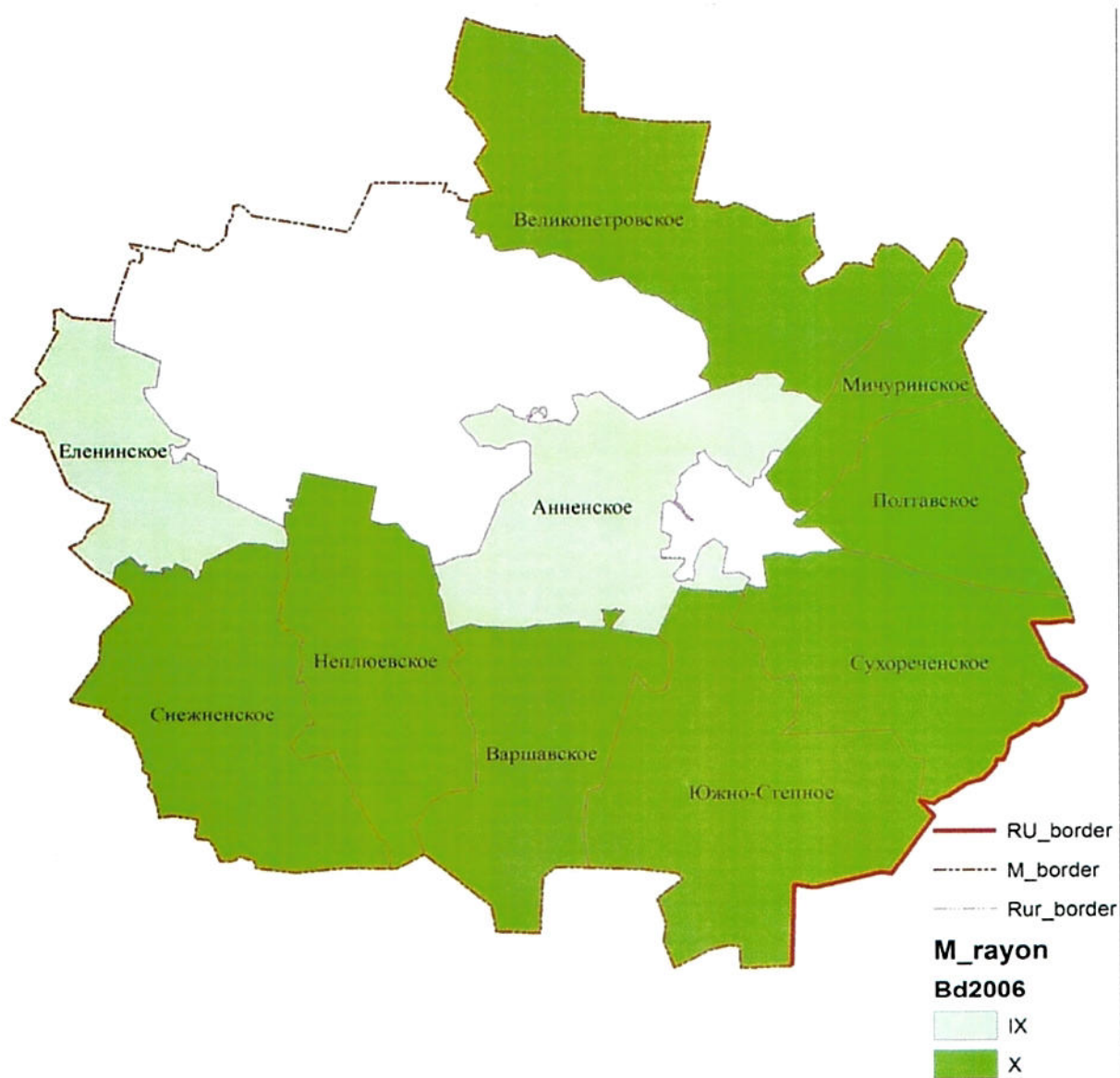


Рисунок 13 – Схема качества почв по полученным показателям дополнительного бонитета 2006 г.

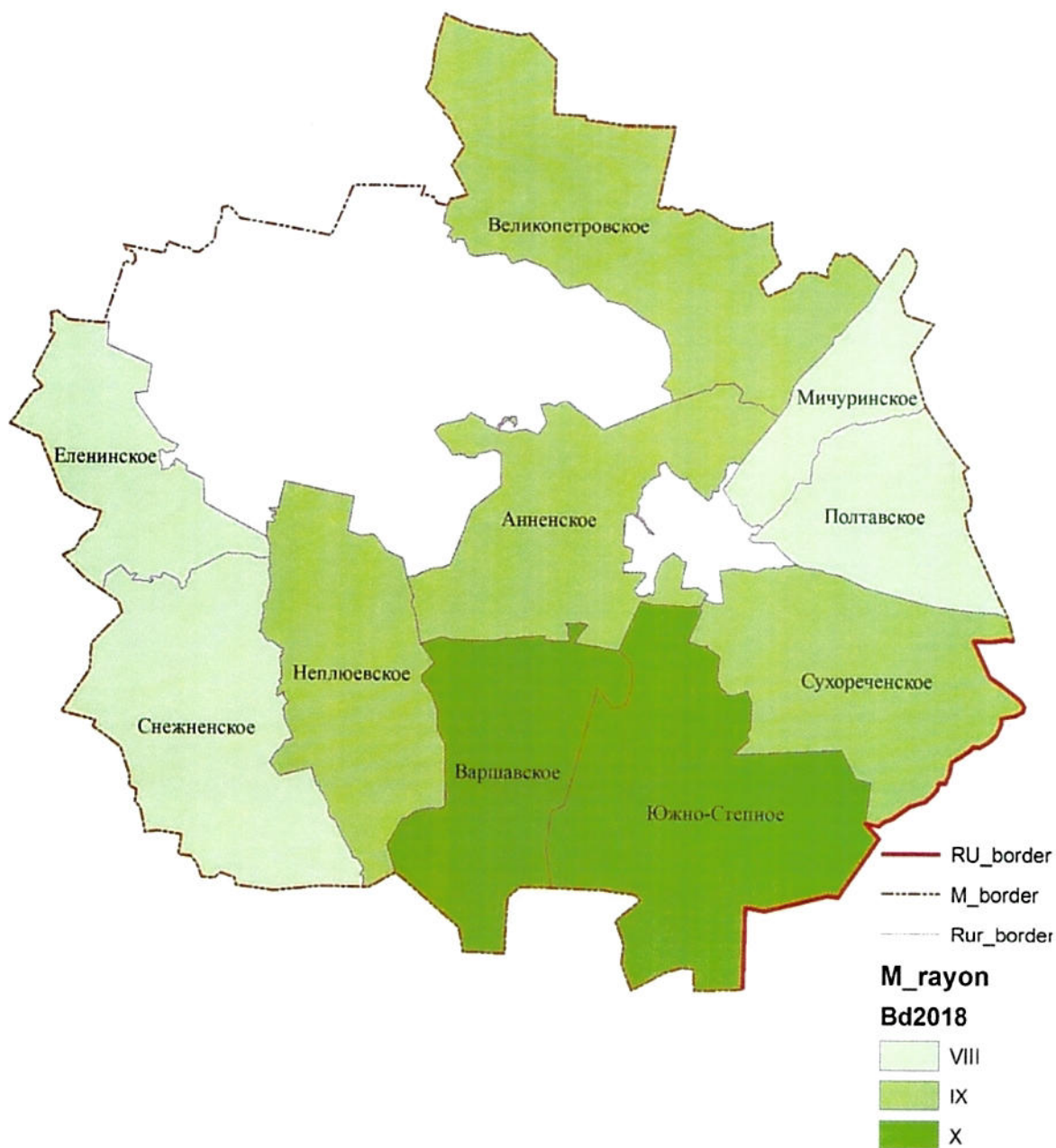


Рисунок 14 – Схема качества почв по полученным показателям дополнительного бонитета 2018 г.

В ходе анализа рисунков 15, 16, можно сделать вывод что за период с 2006–2018 гг. по общим показателям бонитета земли Ю–Степного сельского поселения ухудшился с X класса перешел на IX класс качества почвы. Земли Варшавского сельского поселения остались в IX классе без изменения качества почвы. Земли Аненского и Еленинского сельского поселения ухудшились с IX перешли на VIII класс качество почв. И земли Снеженского, Неплюевского, Сухореченского, Полтавского,

Мичуринского и Великопетровского сельских поселений остались в VIII классе качества почвы.

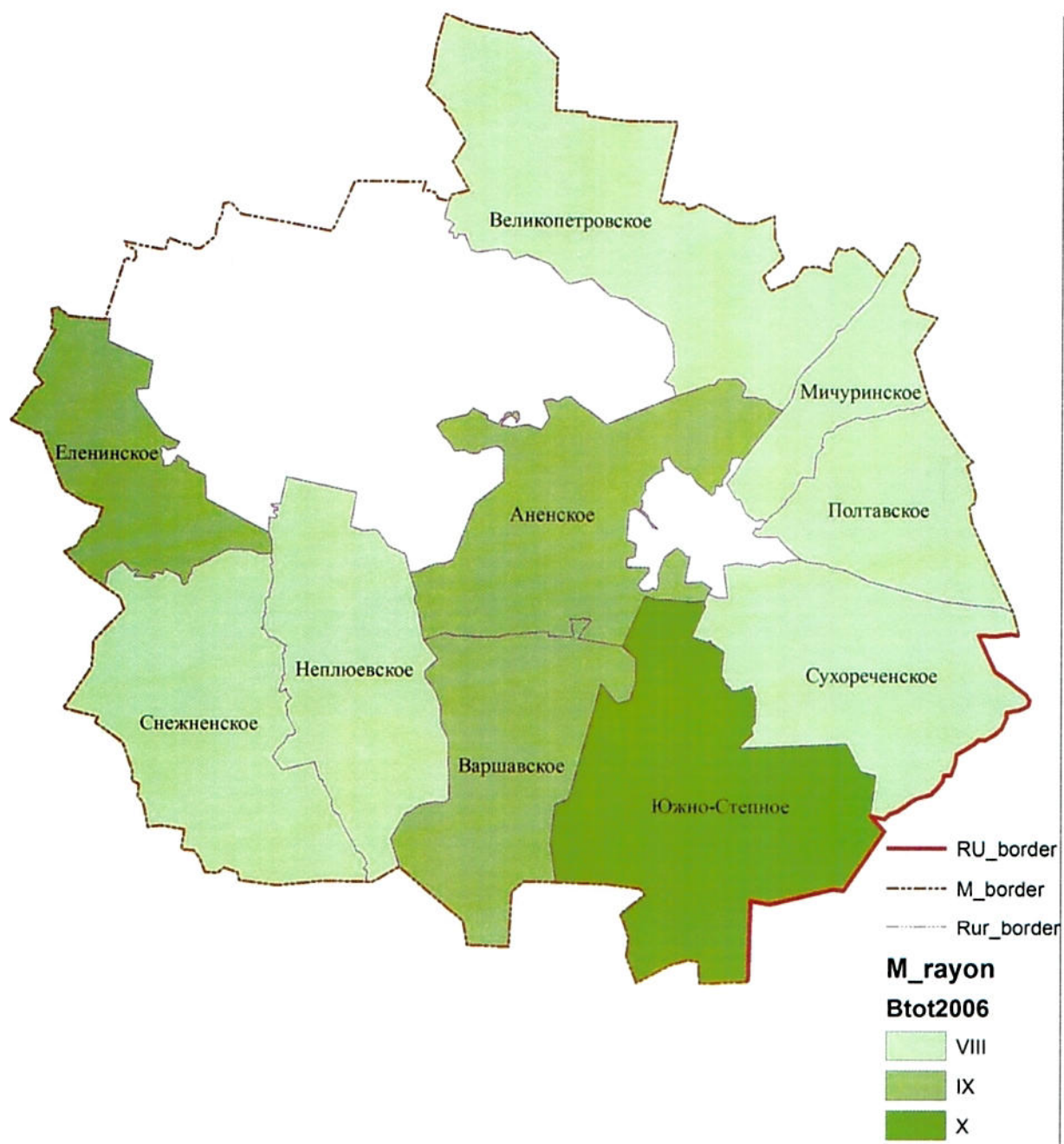


Рисунок 15 – Схема качества почв по полученным показателям общего бонитета 2006 г.

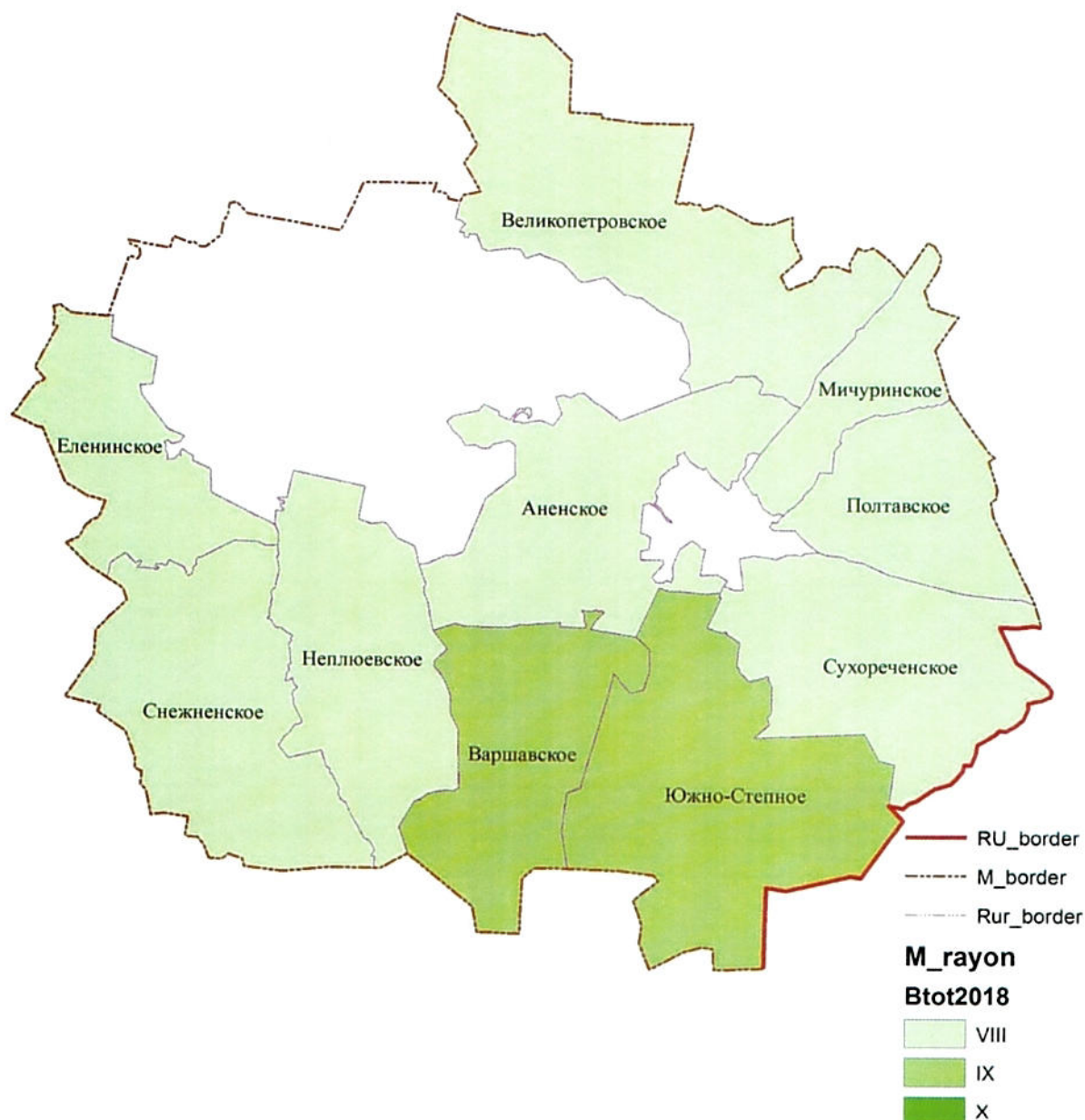


Рисунок 16 – Схема качества почв по полученным показателям общего бонитета 2018 г.

1.3 Оценка биоклиматического потенциала

Для агроэкологической оценки почвы был посчитан биоклиматический потенциал с помощью имитационной системы на территории Карталинского района Челябинской области. В нашем случае БКП, за показатель была взята среднее годовая урожайность яровой пшеницы за период с 2014–2020 гг. (таблица 8).

В ходе работы мы выделяем 3 типа БКП: I–класс: 5–10 ц/га; II–класс: 10–15 ц/га; III–класс: 15–20 ц/га (таблица 8).

Таблица 8 – Оценка биоклиматического потенциала (БКП) Карталинского района Челябинской области (по урожайности яровой пшеницы)

Муниципалитет сельского поселения	Яровая пшеница							Среднее за года	Класс БКП
	Урожайность ц/га., (в бункерном весе на уборочную площадь)								
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020		
Великопетровское	17,2	21,1	15,2	25,9	15,3	13	13,5	17,3	III
Полтавское	14,2	18,2	16,3	17,5	9,5	5,9	10,3	13,1	II
Снеженское	0,6	15	8,8	16,4	7	8	4	8,5	I
Мичуринское	10	19	14	15,7	12,6	13,4	11	13,7	II
Варшавское	4,4	10	16,3	16,3	8,1	6,8	13,5	10,8	II
Еленинское	7,5	12	12	15	8,8	15,7	8,7	11,4	II
Неплюевское	8,3	16,6	17,7	19,1	18	17,1	5,9	14,7	II
Сухореченское	6,7	13	10,5	15,5	7,8	18,3	7,9	11,4	II
Аненское	2	–	–	–	10,4	10,5	–	7,6	I
Ю.-Степное	7,1	10	12,6	15	10	7	7	9,8	I

В ходе анализа была построена картограмма (рисунок 16), на которой мы видим, что Южно-Степной, Анненский, Снеженский муниципалитет сельского поселения относится к I типу БКП. Самым минимальным показателем урожайности характеризуется в Аненском муниципалитете. Ко II типу БКП относится Еленинский, Неплюевский, Варшавский, Мичуринский, Полтавский, Сухореченский муниципалитет сельского поселения. К III типу БКП относится Великопетровский муниципалитет сельского поселения. Это максимальный показатель по урожайности на территории Карталинского района.

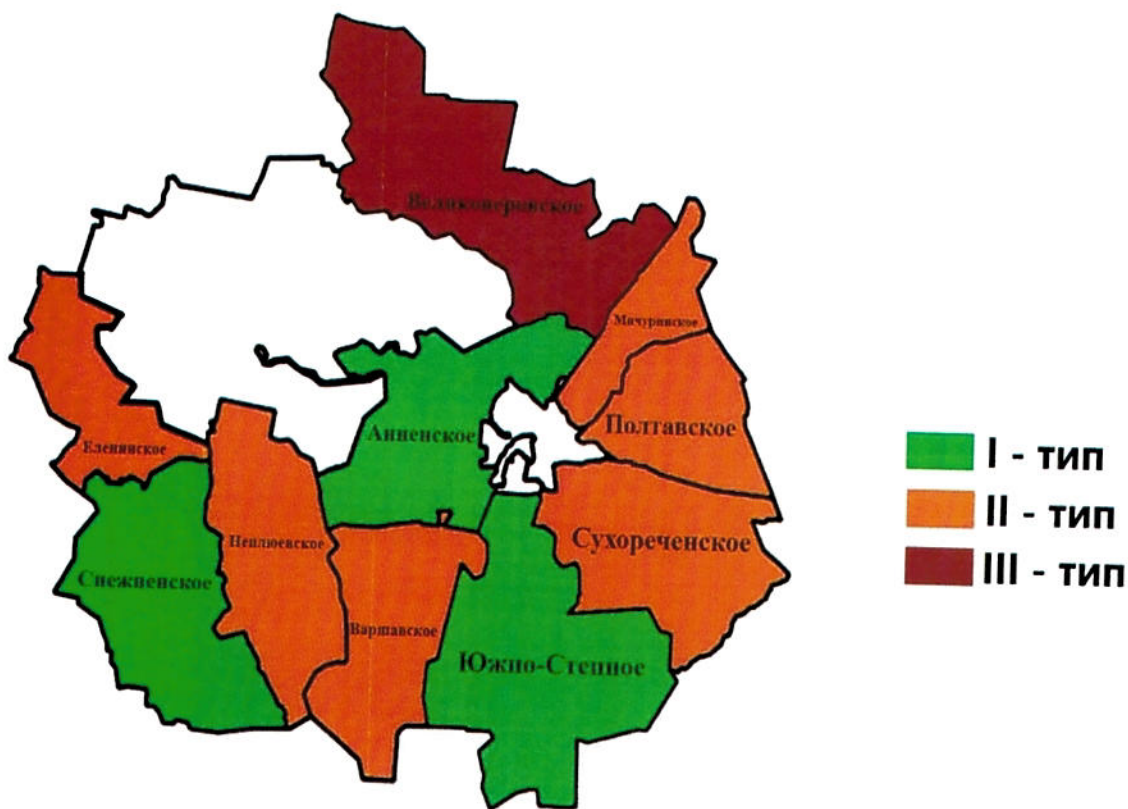


Рисунок 16 – Современные показатели БКП Карталинского района

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Агроклиматические условия Карталинского района за исследованный период характеризуются неустойчивым характером годовых температур и осадков. Наблюдаются примерно 5–6-летние циклы высоких и низких среднегодовых температур и примерно 10-летние циклы годовой суммы осадков. За 15-летний период район характеризуется 2 годами с высоким уровнем осадков и 3 годами с очень высокой засухой. Также наблюдается 4 года оптимальных по условиям тепло- и влагообеспеченности.

За период 2006–2018 гг. произошло падение качества земель Южно-Степного, Варшавского, Аненского и Еленинского сельских поселения. Почвы остальных муниципалитетов района остались на прежнем низком (для района) уровне качества.

Район характеризуется низкими показателями биоклиматического потенциала, недостаточными для получения устойчивых величин показателей производства товарной сельскохозяйственной продукции.

Таким образом, район характеризуется крайне неустойчивыми агроклиматическими условиями, сравнительно низкими показателями качества почв и неустойчивой урожайностью сельскохозяйственных культур. Сложившаяся ситуация требует разработки и внедрения мероприятий по улучшению качества почв и системы растениеводства, характерной для регионов с неустойчивым товарным сельскохозяйственным производством.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Баскаков В. Н. Страхование урожая сельскохозяйственных культур и посадок многолетних насаждений с государственной поддержкой: актуарная экспертиза / В. Н. Баскаков. – Москва : Янус-К, 2016. – 320 с.
2. Булгаков Д. С. Агроэкологическая оценка пахотных почв / Д. С. Булгаков. – Москва : РАСХН, 2002. – 251 с. – ISBN 5-86921-051-8
3. Булгаков Д. С. Методология агроэкологической оценки почв земледельческой территории: автореферат дис. ... д-ра сельскохозяйственных наук / Булгаков Дмитрий Сергеевич – Москва : Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, 1999. – 48 с. – URL: <https://viewer.rusneb.ru> (дата обращения 20.05.22).
4. Гаврилюк Ф.Я. Бонитировка почв / Ф. Я. Гаврилюк. – Ростов-на-Дону : Изд-во Рост. ун-та, 1984. – 227 с. – URL: <https://search.rsl.ru/ru> (дата обращения 20.05.22).
5. Кирюшин В. И. Методическое руководство по агроэкологической оценке земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий / В. И. Кирюшин. – Москва : ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784 с. – ISBN: 5-7367-0525-7.
6. Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика / В. И. Кирюшин. – Москва : Изд-во МСХА, 2000. – 473 с. – ISBN 5-7230-0521-9.
7. Магазинщиков Т.П. Земельный кадастр / Т. П. Магазинщиков. – Львов : Высшая школа: Изд-во при Львов. гос. ун-те, 1987. – 422 с. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001023429> (дата обращения 20.05.22).
8. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / Под ред. Л. М. Державина, Д. С. Булгакова. – Москва : ФГНУ

«Росинформагротех», 2003. – 240 с. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002440990> (дата обращения 20.05.22).

9. Соболев С. С. Бонитировка почв / С. С. Соболев. – Москва : Изд-во ВАСХНИЛ, 1965. – 414 с. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01005981071> (дата обращения 20.05.22).

10. Цховребов В.С. Бонитировка и качественная оценка почв : учебно-методическое пособие / В. С. Цховребов, В. И. Фаизова, А. Н. Марьин [и др.]; – Ставрополь : Ставропольское издательство «Параграф», 2011. – 61 с. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01005981071> (дата обращения 20.05.22).