

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ

УДК 528.92:631.11

DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-1-73-87

Применение ГИС-технологий для оценки и повышения эффективности использования сельскохозяйственных земель в агроландшафтах на основе дистанционных и полевых данных

П. Н. Головин¹, В. Л. Богданов¹*

¹ Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, г. Санкт-Петербург,
Российская Федерация

* e-mail: p.golovin2715@yandex.ru

Аннотация. Статья содержит материалы исследований по повышению эффективности сельскохозяйственного землепользования в агроландшафтах на примере Ленинградской области с помощью моделирования их производственного и экологического состояния. Исследование включает в себя создание геоинформационной модели, построенной на основе цифрового картографического материала. На основе производственной и экологической оценки агроландшафтов представлены элементы их функционального зонирования. В статье приводятся сведения о показателях, которые характеризуют эффективность использования агроландшафтов – природных, экологических, социально-экономических. На базе этих сведений разработан макет ГИС-анализа состояния агроландшафта. В нем представлена разработанная информационная карта агроландшафтов, которая позволяет создавать модели их эффективного использования. Статья содержит также материалы по цифровизации архивных почвенных карт, позволяющих усовершенствовать модель географической информационной системы (ГИС). Результаты исследований, изложенные в статье, позволили разработать классификацию по видам использования агроландшафтов в сельскохозяйственном производстве. Представленные материалы в статье могут быть использованы в повышении адаптивных свойств агроландшафтов.

Ключевые слова: агроландшафты, сельскохозяйственные земли, дистанционное зондирование, геоинформационные системы и технологии, мониторинг земель, комплексная оценка состояния земель, эффективность использования, показатели

Введение

Агроландшафты являются важнейшей частью сельского хозяйства, они имеют огромное значение для производства сельскохозяйственной продукции. Земли в агроландшафтах используются для выращивания зерновых, овощей, фруктов и других культур. Данные о состоянии почв, климата, растительного покрова и других характеристиках территории являются ключевыми в планировании сельскохозяйственных работ и принятии решений о выборе видов сельскохозяйственных культур. В отличие от природных систем, экологическая устойчивость агроланд-

шафтов зависит от человеческой деятельности и внедрения новых технологий. Современная агрономия требует использования новых технических средств для повышения эффективности производства и минимизации вредного воздействия на окружающую среду. В то же время чрезмерная интенсификация сельскохозяйственного производства приводит к снижению экологической устойчивости и в дальнейшем способствует повышению риска развития эрозионных процессов. Кроме того, многими исследователями отмечается, что принципы обманчивого благополучия, когда землепользователи руководствуются краткосрочной экономической выгодой без

учета отдаленных последствий своей деятельности, в дальнейшем приводит к крайне негативным последствиям [1, 2].

Вместе с тем, многие земельные участки с категорией «земли сельскохозяйственного назначения» на сегодняшний день используются не по назначению и выбывают из сельскохозяйственного оборота. Об этом также говорят В. Н. Ключниченко и В. Н. Москвин в своей статье, отмечая при этом, что для людей, желающих производить сельскохозяйственную продукцию, существуют преграды, а именно высокие процентные ставки на кредиты [3]. В связи с развитием эрозионных процессов требуется применение противоэрозионных систем земледелия [4], учитывающих природные и почвенные условия территории. Мероприятия по созданию защитных систем земледелия должны включать в себя как анализ текущего состояния и использования земель, так и оценку их устойчивости на перспективу вследствие принятия определенных решений.

Экологическая стабильность систем земледелия и агроландшафтов в целом обеспечивается за счет проведения комплекса противоэрозионных мероприятий, среди которых агролесомелиоративные, лугомелиоративные, агротехнические, инженерные мероприятия по созданию гидротехнических сооружений [5]. Проведение такого рода мероприятий должно быть обоснованным, опираться на исследование текущего состояния земельных ресурсов. Одним из средств повышения эффективности землепользования является оценка эффективности использования агроландшафтов для определения тенденций развития сельского хозяйства.

Целью данного исследования является формулировка и улучшение метода анализа использования агроландшафтов с помощью внедрения данных дистанционного зондирования и почвенных обследований территории.

Внедрение методов дистанционного зондирования и анализа почвенных обследований на территориях агроландшафтов, используемых в сельском хозяйстве, позволяет предоставить актуальную информацию о качестве почвы, составляющих агроландшафта и эффективности их использования. Получаемые в результате систематизации и анализа данные о почвенном составе и степени загряз-

нения могут быть использованы как для повышения максимальной продуктивности, так и для оптимизации использования территории на перспективу.

В соответствии с целью исследования были сформулированы следующие задачи:

1) оценить возможность использования данных дистанционного зондирования территории при проведении анализа использования агроландшафтов, получении информации о растительном покрове, климате и других характеристиках территории;

2) разработать метод анализа использования агроландшафтов на основе данных дистанционного зондирования и почвенных обследований;

3) выделить группы агроландшафтов, подходящих под определенные сельскохозяйственные культуры;

4) сформулировать метод составления карт использования агроландшафтов с задействованием полученных в процессе анализа данных;

5) определить оптимальные режимы использования земель агроландшафтов, в зависимости от агроклиматических характеристик территории;

6) оценить эффективность использования земель в агроландшафтах по полученной в результате исследования карте агроландшафтов.

Материалы, методы и объекты исследования

Для выполнения данного исследования была использована методика, включающая сбор и анализ данных дистанционного зондирования территории Кикеринского сельского поселения Волосовского района Ленинградской области о топографических и других характеристиках территории. В качестве источника информации для создания информационной базы данных и анализа использования земель послужили почвенные обследования, включая почвенные очерки и карты, проводившиеся в конце 70-х – начале 80-х гг. XX в. Также используются данные дистанционного зондирования, спутниковые снимки, данные Единого государственного реестра недвижимости, а также информация из других источников. Помимо этого, в целях борьбы с деградацией земель-

ных ресурсов путем формирования адаптивно ландшафтных систем К. Ю. Зотова и Е. В. Недикова в своей статье предлагают составлять генеральные схемы, способствующие проектированию и реализации намеченных мероприятий [6]. Реализация таких схем возможна благодаря применению ГИС-технологий.

В целях повышения устойчивости агроландшафтов должны проводиться работы по инвентаризации и мониторингу земельных ресурсов, накоплению информации о пространственном размещении, типологизации агроландшафтов на основе данных о состоянии почв. Помимо этого должны определяться тенденции изменения качественного и количественного состояния земель посредством влияния тех или иных природно-антропогенных процессов. Повышение устойчивости агроландшафтов основывается на внедрении адаптивно-ландшафтных систем земледелия. В рамках этого подхода учитывается не почва как отдельный элемент производства, а совокупность природных условий [7]. К этому выводу пришли как зарубежные исследователи, такие как Charles E. Kellogg и J. H. Stallings [8, 9], так и отечественные ученые. М. И. Лопырев в своем исследовании доказал эффективность использования адаптивных систем земледелия на примере Центрального Черноземья. В рамках исследования он подчеркнул, что суть экологизации системы земледелия заключается в первую очередь в обеспечении обогащения несбалансированных экосистем, согласованных с природными элементами [10].

Проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия должно основываться на обследовании почвенных климатических, морфологических, гидрологических характеристик определенного района [11]. Это может осуществляться при проведении землеустроительных работ и почвенных обследований.

Однако на протяжении долгого времени не проводятся работы по внутрихозяйственному и межхозяйственному землеустройству, составлению проектов землеустройства, что в итоге приводит к повсеместному снижению площадей используемых земель, постоянному изменению границ землепользований, отсутствию рациональных систем севооборотов и чередования сельскохозяйственных культур. Все это в совокупности заставляет

искать различные пути устранения угрозы продовольственной и социальной безопасности страны. В своих работах Т. В. Папаскири отмечает необходимость воссоздания землеустроительных служб для целей полного и эффективного использования земель, но проведение таких мероприятий достаточно проблематично [12, 13]. Заключается это прежде всего в дороговизне и больших затратах при проведении мероприятий по всеобщему мониторингу земель и, как следствие, проведению землеустроительных работ. Также нельзя забывать о том, что инвентаризация земель и землеустроительные мероприятия должны проводиться в совокупности, так как отдельное их проведение не способствует коренному изменению ситуации.

Осуществление мониторинговых исследований должно максимально использовать результаты наблюдений за природной средой, собственные наблюдения хозяйств, данные инвентаризаций и кадастра недвижимости. Для сбора информации о текущем состоянии земель на определенной территории в рамках мониторинга могут применяться современные методы и инструменты. Среди них могут быть выделены данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с использованием космической техники, беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), а также средств компьютерной обработки и анализа данных. Применение БПЛА также позволяет определять, соответствуют ли границы недвижимого имущества данным, полученным с летательных аппаратов [14]. Такие инструменты позволяют определять эффективность использования агроландшафтов в целом и территорий с определенными характеристиками в частности, оценивать текущее состояние, прогнозировать развитие сельскохозяйственного производства и урожайность культур, выявлять участки земель, подверженных действию эрозионных процессов и земель с недостаточным содержанием питательных веществ.

Геоинформационный метод является одним из наиболее популярных и эффективных способов работы с большим объемом графических и атрибутивных данных. Этот метод используется для создания геоинформационных систем, которые позволяют получить, хранить, обрабатывать, отбирать, анализировать и отображать

географическую информацию в цифровом формате. Одним из основных направлений изучения земель с использованием ГИС является определение площадей земель, которые неэффективно используются или не используются в сельском хозяйстве, а также площадей, подверженных процессам деградации. Благодаря геоинформационному методу можно значительно повысить качество планирования землепользований и предотвратить последствия развития негативных процессов для окружающей среды.

В рамках исследования предлагается создать геоинформационную модель использования агроландшафтов для оценки текущего состояния земель. Для этого необходимо использовать как современные, так и ретроспективные данные, полученные и получаемые в результате реального обследования территории, а также по данным, полученным дистанционно. Анализ совокупности исходных данных и вычисленных показателей позволит выявить задачи по улучшению использования земель в агроландшафтах. Для создания геоинформационной модели необходимо использовать картографические материалы и другие элементы, позволяющие характери-

зовать изменения в использовании земель в прошлом и настоящем.

Результаты и обсуждение

Для того чтобы изучать состояние агроландшафтов и оптимизировать использование земель, необходимо сформировать базу данных, которая будет включать как количественные, так и качественные показатели, а также представляться в виде графической информации. Для этих целей наилучшим инструментом является геоинформационная модель. Использование такой модели позволяет получить подробный картографический материал, который включает в себя данные о сельскохозяйственных угодьях и водных ресурсах, а также о рельефе местности. Кроме того, эта модель обладает очень широкими возможностями для анализа полученных данных, что позволяет оптимизировать использование земель в агроландшафтах и повысить эффективность сельскохозяйственного производства на них. Будучи инструментом анализа эффективности использования и состояния земель, данная модель включает в себя блоки информации, представленные на рис. 1.

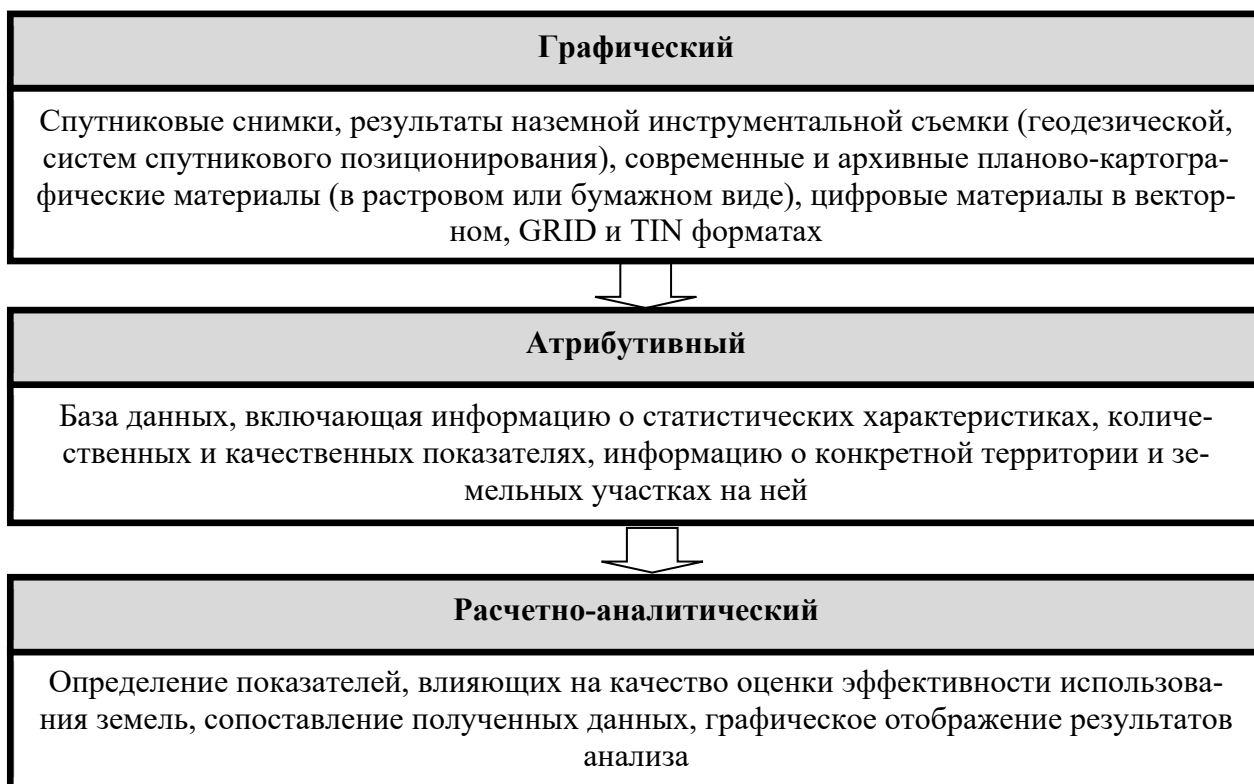


Рис. 1. Блоки информации в проектируемой ГИС

При создании геоинформационной модели необходимо включить блок графической информации, который представляет основу цифровой модели данных. Это необходимо для дальнейшего формирования системы и управления данными. Однако также необходимо внедрить блок атрибутивных данных, содержащий информацию о количественных показателях и территории, представленной в графической части.

Расчетно-аналитический блок включает в себя рассчитываемые показатели, используемые для оценки состояния и использования земель, а также выделения пригодных для использования зон. Сюда входят разновременные картографические материалы и сведения из других информационных систем. Таким образом, интеграция блоков данных производится для достижения большей точности и глубины анализа проблематики землепользования.

Деградация почвенного и растительного покрова является серьезной проблемой в сельском хозяйстве и имеет негативное влияние на производительную функцию агроландшафта. Она приводит к выведению земель из сельскохозяйственного оборота и, как следствие, снижению производительности сельскохозяйственных угодий. Состояние агроландшафта зависит от экологического состояния отдельных его компонентов и эффективного использования природных ресурсов, поэтому для учета состояния агроландшафтов в процессах сельскохозяйственного производства необходимо учитывать способность земель выполнять как производственные, так и природоохранные функции, а также учитывать внешние природные факторы.

Исходя из вышеизложенного, требуется исследовать способы улучшения и подходы к созданию адаптивных систем земледелия, которые будут учитывать все компоненты агроландшафта. Введение новых подходов к усовершенствованию адаптивных земледельческих систем является важной задачей при решении проблем эффективного использования земельных ресурсов и создания агроландшафтов в целом.

Адаптивно-ландшафтные системы земледелия базируются на группировке земель в соответствии с природными и экологическими условиями для обеспечения устойчи-

вости агроландшафта и сохранения почвенного плодородия. Главная задача системы – определение агроэкологических ниш для производства различных сельскохозяйственных культур, учитывая природные факторы и обеспечивая экологическую устойчивость агроландшафта. Создание адаптивно-ландшафтных систем основывается на проведении агроэкологической типизации земель с учетом ограничивающих факторов.

Для анализа состояния агроландшафта и создания макета географической информационной системы было принято решение учитывать широкий спектр показателей, включающих в себя природные, экологические и социально-экономические. Природные показатели включают в себя такие факторы, как тип почвы, балл бонитета, кислотность почв, климатические условия, ландшафтные особенности, наличие природных ресурсов и биоразнообразия. Экологические показатели отражают состояние окружающей среды, в том числе качество почвы и воды, наличие вредных веществ и загрязнения окружающей среды. Социально-экономические показатели описывают экономическое развитие региона, его демографические и социальные черты, а также используемые технологии и инфраструктуру (рис. 2).

Такой комплексный подход к анализу состояния агроландшафта позволяет получить более точную информацию и более эффективно управлять земельными ресурсами в современных условиях.

Среди распространенных негативных процессов выделяют такие процессы, как заболачивание, закисление и закустаренность, которые зависят от различных факторов, включая человеческую деятельность. Для оценки этих процессов используются различные показатели, включая уровень загрязнения воды, почвы и воздуха, количество зеленых насаждений, виды дикорастущих растений и др. Оценка этих показателей позволяет получить объективную картину деградации и принимать меры для ее преодоления и предотвращения. При оценке экологических показателей учитываются наиболее значимые негативные процессы, влияющие на производительность агроландшафтов на конкретной территории.

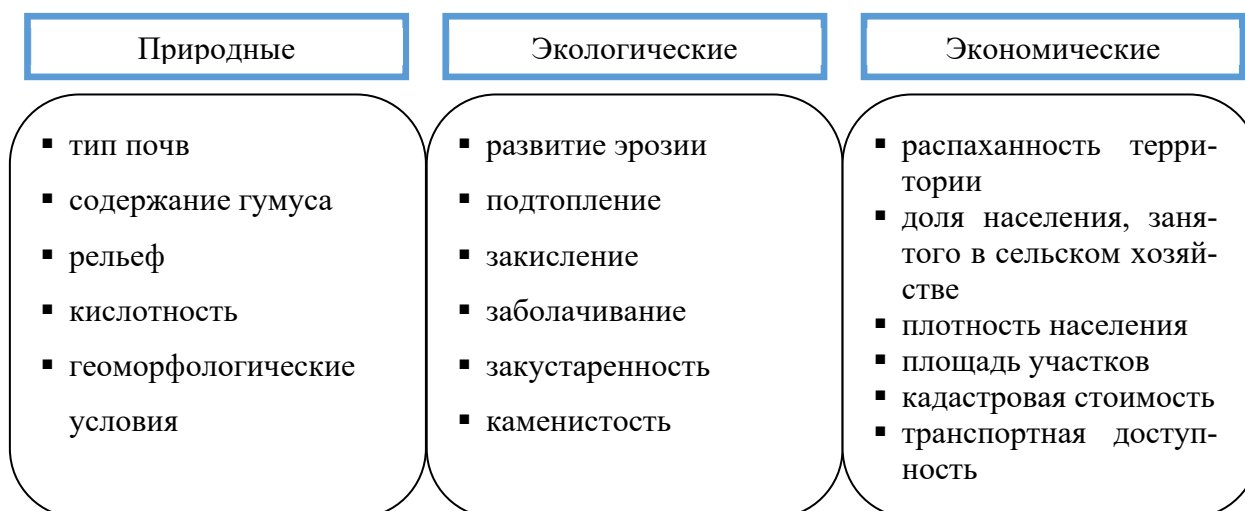


Рис. 2. Группы показателей для оценки эффективности использования агроландшафтов

Таким образом, сформулируем критерии оценки развития негативных процессов на территории. В зависимости от развитости того или иного негативного процесса присваиваются баллы, характеризующие интенсивность воздействия негативных процессов (табл. 1).

Таблица 1

Фрагмент атрибутивной таблицы по оценке влияния негативных процессов в агроландшафтах

Показатель	Отсутствует	Начальная	Умеренная	Высокая
Эрозия	-	V	-	-
Заболачивание	-	-	V	-
Закисление	-	-	-	V
Закустаренность	V	-	-	-
...
Баллы	0	1	3	3

В соответствии с фрагментом атрибутивной таблицы по оценке влияния негативных процессов на территории проводится следующая градация по каждому из элементов.

Заболачивание:

- начальная степень развития (небольшие локальные заболоченности) – 1 балл;
- умеренная степень развития (большие участки с заболачиванием) – 2 балла;
- высокая степень развития (заболоченность почти всей территории) – 3 балла.

На основе полученных в результате анализа данных производится группировка земель по экологическому состоянию:

- 1) удовлетворительное – до 1 балла;
- 2) слабо подверженные действию негативных процессов – от 2 до 5;

3) средне подверженные действию негативных процессов – от 6 до 14;

4) сильно подверженные действию негативных процессов – 15–25;

5) критическое – более 25.

Полную характеристику территории по качественным показателям можно сформировать посредством разработки информационных карт агроландшафтов с характеристиками их условий. При создании таких карт в агроландшафтах изучаются особенности природных условий, экологическое состояние земель и их освоенность. Кроме того, карты агроландшафтов должны включать в себя совокупную информацию об отдельных элементах ландшафта, способствующих планированию, проектированию при прове-

дении землеустроительных работ и работ по мониторингу земель.

Создание карты агроландшафтов – это процесс, который может быть выполнен с помощью различных инструментов и программ. Одной из наиболее распространенных и понятных инструментальных ГИС является Nextgis QGIS, которая позволяет собирать и хранить информацию, а также обрабатывать на всех этапах и представлять в виде электронных карт и информационных графиков. Программное обеспечение NextGIS на данный момент является одним из самых перспективных на российском рынке ГИС [15]. QGIS – это мощная и бесплатная система геопространственного анализа, которая поз-

воляет пользователям создавать, редактировать, анализировать и визуализировать карты и пространственные данные. Она также включает функции для работы с агроландшафтами.

Источником данных при формировании геоинформационной системы могут служить спутниковые снимки, крупно- и среднemasштабные топографические карты, данные почвенных обследований территорий, а также данные, получаемые с применением беспилотных летательных аппаратов. В соответствии с исходными данными и сформулированной системой показателей был сформулирован следующий алгоритм создания геоинформационной модели (рис. 3).

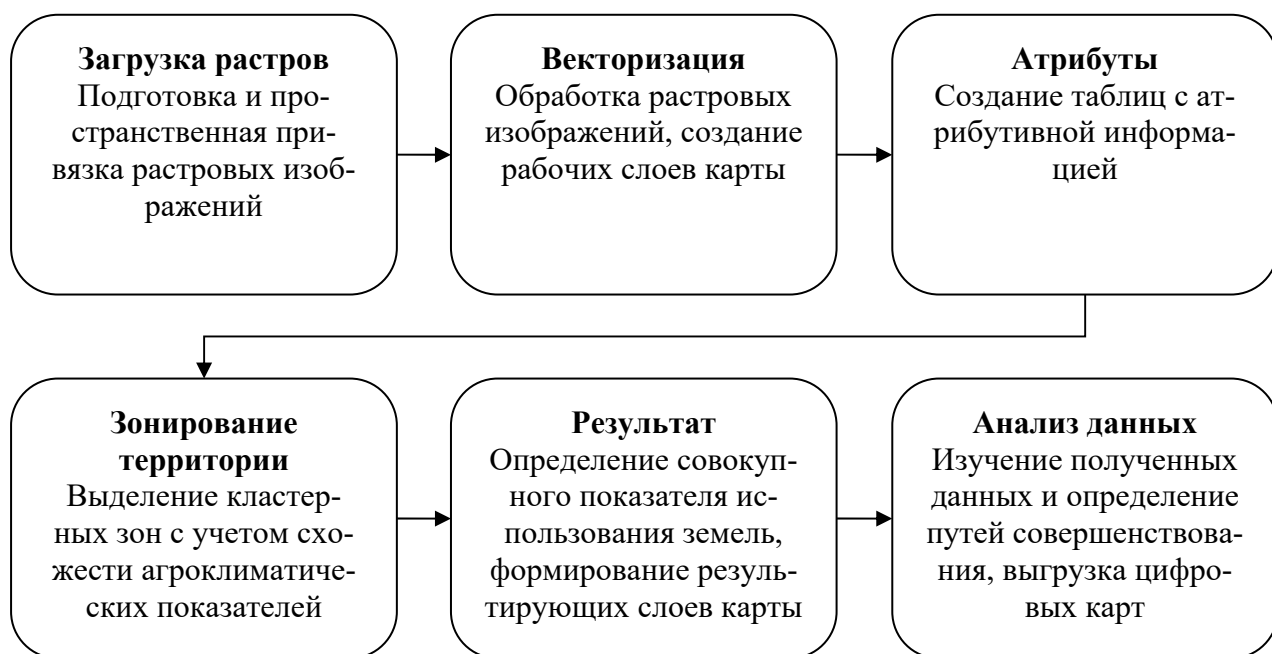


Рис. 3. Алгоритм создания информационной карты агроландшафтов

В качестве объекта анализа и оценки состояния агроландшафтов и формирования геоинформационной модели была выбрана территория Волосовского района Ленинградской области. На начальном этапе получены сведения об административно-территориальном делении Волосовского района в векторном формате, информация о землях сельскохозяйственного назначения, сведения о развитости транспортной инфраструктуры, загружены почвенные карты в виде растровых изображений с привязкой к границам. Таким

образом были подготовлены следующие слои: «Гидрография», «Границы», «Земли с/х назначения» и т. д. (рис. 4, а). Цифровая модель данных также была дополнена сведениями о рельефе – горизонталях и светотеневой отмывке (рис. 4, б).

В процессе второго и третьего этапов формирования карты агроландшафтов растровые изображения оцифровываются с помощью инструментов программы, а также формируются атрибутивные таблицы, включающие в себя характеристики отображаемых данных.



Рис. 4. Слои карты, содержащие информацию о территории агроландшафтов:
 а) информация о территории; б) информация о рельефе

Рассмотрим процесс оцифровки почвенной карты, полученной в результате почвенных обследований территории бывшего совхоза «Кикерино» Волосовского р-на Ленинградской области. После сканирования и сшивки почвенной карты осуществляется

пространственная привязка. На данном этапе создаются слои почвенной карты, включающие в себя информацию о растровом изображении, порядковом номере почв, наименовании, механическом составе, положению по рельефу (рис. 5).

Свойства слоя — Почвенная карта оцифровка — Поля

Имя	Псевдоним	Тип	Описание типа	Размер	Точность	Кс
id		qlonglong	Integer64	10	0	
Номер почв		qlonglong	Integer64	10	0	
Названия почв		QString	text	0	0	
Мех состав		QString	text	0	0	
По рельефу		QString	text	0	0	

Рис. 5. Поля слоя почвенной карты

С учетом почвенного обследования исследуемой территории был определен более точный состав и расположение типов почв, преобладающих в данном районе. Исходя из этого, можно провести зонирование территории агроландшафтов по типам почв, что позволяет оптимально использовать земельные ресурсы, учитывая природные и экологические условия в данном районе. Это позволяет создавать модели организации территории таким образом, чтобы достичь наилучших результатов в использовании сельскохозяйственных земель и улучшении качества жизни сельской местности.

Почвенное обследование в агроландшафтах включает в себя следующие данные: почвенная карта и обоснование к карте. В таблицах дано описание изучаемой территории, механический состав почв, агрохимические обследования и т. д. Ожидается, что использование такой информации в совокупности со спутниковыми снимками и другими фото-

грамметрическими данными позволяет оценить изменение в использовании почв и т. д.

В целях оптимизации работ по заполнению атрибутивных данных была подготовлена таблица с характеристиками почв в формате .csv, которая в дальнейшем связана со слоем атрибутивной информации по смежным столбцам (порядковый номер почв). Такое представление информации является оптимальным при формировании ГИС, так как исходная таблица может пополняться информацией; тем самым обновляются атрибутивные данные макета ГИС.

На основе архивной почвенной карты бывшего совхоза «Кикерино» и экспликации к ней подготовлена цифровая карта, которая может стать основой для формирования полноценной ГИС-модели, учитывающей помимо ретроспективных данных текущее состояние и оценку использования земельных участков в агроландшафтах, фрагмент электронной карты представлен на рис. 6.

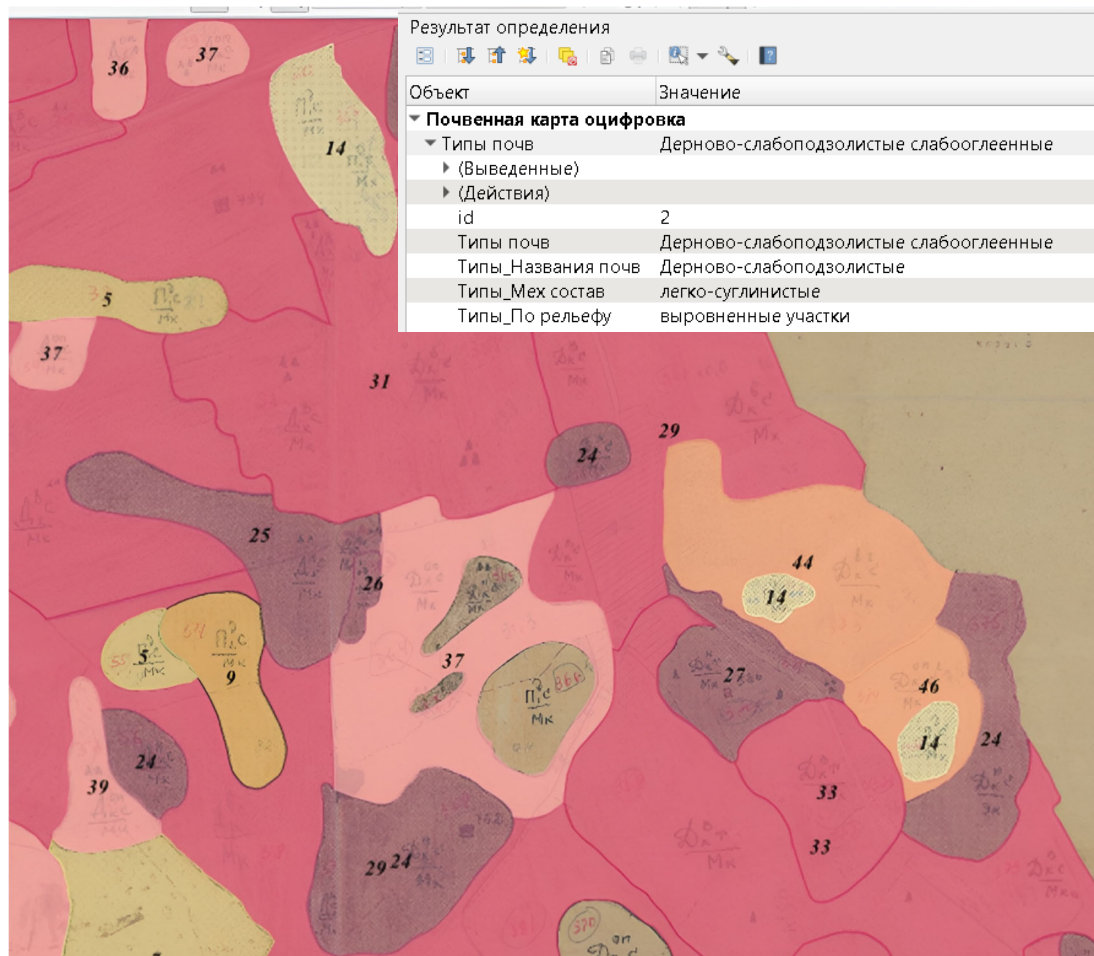


Рис. 6. Почвенная карта бывшего совхоза «Кикерино»

Очерк также содержит информацию о почвообразующих и подстилающих породах. На исследуемой территории коренными породами являются силурийские известняки. На поверхность коренные породы не выходят, так как скрыты более поздними четвертичными отложениями, которые и являются почвообразующими породами. Всего на территории выделены следующие почвообразующие породы.

1. Морена карбонатная.
2. Морена бескарбонатная.
3. Флювиогляциальные пески и супеси.
4. Аллювиальные отложения.

Карбонатная морена является основной почвообразующей породой. Данные отложения обычно бурого цвета, несформированы, в различной степени опесчанены, всегда присутствуют включения гравия, гальки, валуны и карбонатного щебня. Также данное отложение отличается обильными включениями карбонатов и бурным вскипанием от HCl. В почвенном очерке приводятся данные механического анализа (табл. 2).

Таблица 2

Данные гранулометрического анализа почвы

№ разреза	Горизонт	Глубина взятия образца, см	Содержание частиц в % от веса сухой почвы при размере их в мм							Сумма частиц меньше 0,01	
			1,0–0,25	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	Меньше 0,000 1			
9	С	80–90	7,1	25,4	32,2	16,8	5,8	12,7	35,3	Суглинок	
13	С	90–100	8,7	22,0	30,0	6,9	13,6	17,8	38,3	Суглинок	
21	С	95–105	7,9	19,5	33,7	8,5	11,0	19,4	38,9	Суглинок	
25	С	100–110	11,5	21,2	18,2	9,5	16,2	23,4	49,1	Тяж. отл.	

В соответствии с таблицей можно определить, что в механическом составе нет резкого преобладания каких-либо фракций, что подтверждает факт несформированности материала. Суглинистая карбонатная морена содержит благоприятное соотношение частиц, высокое содержание песчаных фракций и присутствие обломков известняковых включений обеспечивает высокую воздухо- и водопроницаемость. Также высокое содержание фракций физической глины обеспечивает высокую поглощательную способность. В очерке также приводится информация и о моренах бескарбонатных. Помимо данной информации в проектируемый макет ГИС включается информация о каждом виде почв и соответствующих почвообразующих пород; это позволяет первично определить почвенный состав территории и определить агропроизводственные группы почв на соответствующей территории.

Таким образом, благодаря анализу архивных материалов почвенного очерка и почвен-

ной карты, полученных в процессе ранее проведенного почвенного обследования бывшего совхоза «Кикерино», получены слои карты, содержащие информацию о почвенных разновидностях, почвообразующих породах, механическом составе почв и другие данные, которые в дальнейшем используются в процессе построения полноценной модели ГИС. В рамках изучения почвенных характеристик было проведено зонирование данной территории в соответствии с типом почв (рис. 7).

В дальнейшем можно проанализировать изменение использования земли и привести первичный вывод о качестве земель в данной территории и развитии негативных процессов. Основой внедрения адаптивно-ландшафтной системы земледелия является проведение агроэкологической типизации земель. Н. И. Доброворская в своей статье говорит о том, что «агроэкологическая оценка и типизация земель являются необходимым предварительным этапом при проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия» [16].

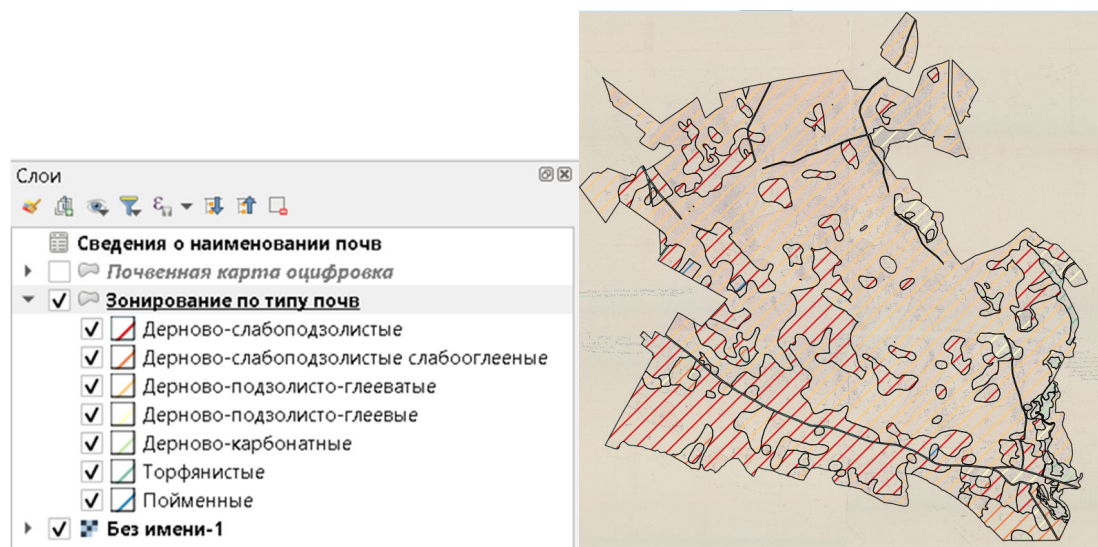


Рис. 7. Зонирование территории по данным почвенной карты

Также стоит помнить о том, что помимо исследования почвенного покрова должны учитываться и все другие компоненты агроландшафта, такие как рельеф и микрорельеф, гидрологические объекты и др.

Это исследование в дальнейшем позволит провести классификацию и выделить типы почв по конкретным типам агропроизводства. Полученная в результате анализа информация может быть сопоставлена с фактическим использованием земель и с видами разрешенного использования земельных участков в соответствии с данными ЕГРН. Помимо этого сопоставить можно также условия для возделывания сельскохозяйственных культур и виды разрешенного использования в соответствии с классификатором видов разрешенного использования. На основе системы показателей можно выявить следующие типы агроландшафтов, представленные в табл. 3, рекомендуемые под тот или иной вид использования.

Таблица 3

Виды разрешенного использования агроландшафтов
для возделывания сельскохозяйственных культур

Вид агроландшафта	Группа культур	Подгруппа культур	Код вида разрешенного использования по классификатору	
1	2	3	4	
Полевой (П)	Для зерновых культур (ЗК)	Типичные хлеба	1.2	
		Просовидные хлеба		
		Зерновые бобовые		
	Для технических культур (ТК)	Масличные		
		Эфиромасличные		
		Прядильные		
	Для овощных культур (ОК)	Сахароносные	1.3	
		Наркотические, инсектицидные и лекарственные		
		Бахчевые кормовые		
		Бахчевые пищевые		
			Бахчевые технические	
			Крахмалоносные	

Вид агроландшафта	Группа культур	Подгруппа культур	Код вида разрешенного использования по классификатору
1	2	3	4
Садовый (С)	Для плодовых насаждений (ПН)	-	1.5
	Для виноградников (В)	-	1.5.1
	Для тонизирующих, лекарственных, цветочных культур (ЛК)	-	1.4
Лугово-пастбищный (ЛП)	Для кормовых культур (КК)	Корнеплоды (и листостебельные)	1.8
		Однолетние бобовые травы	
		Однолетние злаковые травы	
		Многолетние бобовые травы	
		Многолетние злаковые травы	

На основе вышеизложенного метода выделено семь типов агроландшафтов для эффективного использования их земель в сельскохозяйственном производстве. Основными факторами, влияющими на выделение типов, стали однородность ландшафтно-экологических условий и их сопоставимость с видами разрешенного использования. Экономическая эффективность от применения предложений заключается в снижении неоправданных затрат благодаря возможности создания рекомендаций по сохранению и восстановлению плодородия земель, адаптивному размещению сельскохозяйственных культур.

Выводы

Использование агроландшафтов на современном этапе требует проведения инвентаризации и мониторинга земельных ресурсов. На сегодняшний день есть потребность в восстановлении землеустройства на разных уровнях управления земельными ресурсами, о чем свидетельствуют исследования многих ученых.

Для более эффективного мониторинга земельных ресурсов следует использовать современные технологии, включая землеустройство, дистанционное зондирование и геоинформационные системы. Это обеспечит оперативный доступ к информации для создания автоматизированных проектов землеустройства, используя спутниковые данные, архивные данные и данные кадастра недвижимости. Такая интеграция систем обеспечивает необходимый уровень автоматизации.

Геоинформационные системы и эколого-ландшафтный подход могут быть использованы для учета групп показателей и изучения технологических и социальных аспектов качественного использования земель. Это может способствовать созданию экологически устойчивых ландшафтов на региональном уровне и разработке обоснованных проектов землеустройства.

В рамках создания геоинформационной модели использования агроландшафтов может применяться такой источник данных, как почвенные обследования и карты, выполненные в конце XX в. Применение данных о почвах позволяет определить основные направления рационального использования сельскохозяйственных земель и выделить агропроизводственные группы почв.

Подготовленную в рамках анализа почвенного обследования модель геоинформационной системы можно использовать как составляющую первичного этапа формирования полноценной модели ГИС. Помимо информации о почвообразующих породах и типах почв в модель интегрируется описание механического состава почв, а также информация для выделения агропроизводственных групп почв.

Разработан метод оценки эффективности использования земель, который позволяет определить текущее состояние земель в агроландшафтах, проводить градацию территории агроландшафта в соответствии с критериями качественного использования земель в соответствии с определенными сельскохозяйственными культурами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Линкина А. В. Рациональное использование агроландшафтов как основа стабилизации экологической ситуации // Актуальные проблемы природообустройства, кадастра и землепользования : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 95-летию факультета землеустройства и кадастров ВГАУ, Воронеж, 02 декабря 2016 г. – Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2016. – С. 92–95.
2. Банкрутенко А. В. Адаптивно-ландшафтная система использования земель. – Омск : Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, 2019. – 133 с.
3. Ключниченко В. Н. Совершенствование использования земель сельскохозяйственного назначения // Вестник СГУГиТ. – 2022. – Т. 27, № 4. – С. 150–159.
4. Бухтояров Н. И. Современное управление сельскохозяйственным природопользованием региона на основе формирования экологически устойчивых агроландшафтов // Регион: системы, экономика, управление. – 2016. – № 4 (35). – С. 73–78.
5. Бухтояров Н. И. Об оценке экономической и экологической эффективности землепользований // Регион: системы, экономика, управление. – 2017. – № 4 (39). – С. 129–132.
6. Зотова К. Ю. К вопросу формирования землепользования на адаптивно-ландшафтной основе // Кадастровое и эколого-ландшафтное обеспечение землеустройства в современных условиях : материалы Междунар. науч.-практ. конф. факультета землеустройства и кадастров ВГАУ, Воронеж, 20 апреля 2018 г. – Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2018. – С. 93–96.
7. Самохвалова Е. В. Анализ природного агропотенциала в задачах территориальной организации сельского хозяйства Самарской области // Мелиорация и водное хозяйство : материалы Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвященной 130-летию со дня рождения академика Б. А. Шумакова. В 2-х ч. Новочеркасск, 24 октября 2019 г. – Новочеркасск : Лик, 2019. – С. 118–125.
8. Kellogg Ch. E. Soil and Land Classification // American Journal of Agricultural Economics. – 1951. – Vol. 33, Issue 4. – Part 1. – P. 499–513.
9. Stallings J. H. Soil Conservation. – New Jersey : Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, 1957. – 390 p.
10. Лопырев М. И. Опыт планирования и внедрения эколого-ландшафтных систем земледелия в Центральном Черноземье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4 (66). – С. 8–10.
11. Научно-практические основы адаптивно-ландшафтной системы земледелия Курской области. – Курск : ТОП+, 2017. – 188 с.
12. Папаскири Т. В. Разработка Федеральной Целевой Программы «По созданию системы автоматизированного землеустроительного проектирования (САЗПР) и пакета прикладных программ (ППП) на выполнение первоочередных видов землеустроительных и смежных работ на территорию Российской Федерации» // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2014. – № 4. – С. 14–25.
13. Папаскири Т. В. Организационно-экономический механизм формирования системы автоматизированного проектирования в землеустройстве : дисс. д-ра эконом. наук. – М. : Государственный университет по землеустройству, 2016. – 399 с.
14. Stocker, C., Koeva, M., Nkerabigwi, P., & Zevenbergen, J. UAV Technology: Opportunities to Support the Updating Process of the Rwandan Cadastre // FIG Working Week 2020. Smart Surveyors for Land and Water Management. – Amsterdam, Netherlands.
15. Документация NextGIS 1.11 [Электронный ресурс] : офиц. сайт NextGIS. – Режим доступа: <https://docs.nextgis.ru/index.html>.
16. Добротворская Н. И. Агроэкологическая типизация земель – необходимый этап в проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия // Вестник НГАУ. – 2019. – № 1 (50). – С. 7–17.

Об авторах

Павел Николаевич Головин – аспирант кафедры землеустройства.

Владимир Леонидович Богданов – доктор биологических наук, профессор кафедры землеустройства.

Получено 11.07.2023

© П. Н. Головин, В. Л. Богданов, 2024

Application of GIS technologies to assess and improve the efficiency of agricultural land use in agro-landscapes based on remote and field data

P. N. Golovin^{1*}, V. L. Bogdanov¹

¹ St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg, Russian Federation

* e-mail: p.golovin2715@yandex.ru

Abstract. The article contains research materials on improving the efficiency of agricultural land use in agro-landscapes on the example of the Leningrad region with the help of modeling their production and ecological state. The research includes the creation of a geoinformation model based on digital cartographic material. On the basis of production and ecological assessment of agro-landscapes elements of their functional zoning are presented. The article provides information about the indicators that characterize the efficiency of agro-landscapes use - natural, environmental, socio-economic. On the basis of this information, a GIS model of analyzing the state of agro-landscape is developed. It presents the developed information map of agrolandscapes, which allows to create models of their effective use. The article also contains materials on digitalization of archival soil maps, which allow to improve the GIS model. The results of the research presented in the article allowed us to develop a classification of the types of use of agro-landscapes in agricultural production. The materials presented in the article can be used to improve the adaptive properties of agro-landscapes.

Keywords: agrolandscapes, agricultural lands, remote sensing, geoinformation systems and technologies, land monitoring, integrated assessment of land condition, utilization efficiency, indicators

REFERENCES

1. Linkina, A. V. (2016). Rational use of agrolandscapes as a basis for stabilization of the environmental situation. In *Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 95-letiyu fakul'teta zemleustroystva i kadaстров VGАU: Aktual'nye problemy prirodoobustroystva, kadastra i zemlepol'zovaniya [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 95th anniversary of the Faculty of Land Management and Cadastre of the Voronezh State Agrarian University: Actual Problems of Environmental Management, Cadastre and Land Use]* (pp. 92–95). Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I Publ. [in Russian].
2. Bankrutenko, A. V. (2019). *Adaptivno-landshaftnaya sistema ispol'zovaniya zemel' [Adaptive-landscape system of land use]*. Omsk: Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin Publ., 133 p. [in Russian].
3. Klyushnichenko, V. N. (2022). Improving the use of agricultural land. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 27(4), 150–159 [in Russian].
4. Bukhtoyarov, N. I. (2016). Modern management of agricultural nature management of the region on the basis of the formation of ecologically sustainable agrolandscapes. *Region: sistemy, ekonomika, upravlenie [Region: Systems, Economics, Management]*, 4(35), 73–78 [in Russian].
5. Bukhtoyarov, N. I. (2017). On the assessment of economic and environmental efficiency of land use. *Region: sistemy, ekonomika, upravlenie [Region: Systems, Economics, Management]*, 4(39), 129–132 [in Russian].
6. Zotova, K. Yu. (2018). To the issue of land use formation on an adaptive-landscape basis. In *Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii fakul'teta zemleustroystva i kadaстров VGАU: Kadaстровoe i ekologo-landshaftnoe obespechenie zemleustroystva v sovremennykh usloviyakh [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference of the Faculty of Land Management and Cadastres of VSAU: Cadastral and Ecological and Landscape Support of Land Management in Modern Conditions]* (pp. 93–96). Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I Publ. [in Russian].
7. Samokhvalova, E. V. (2019). Analysis of natural agropotential in the tasks of territorial organization of agriculture in the Samara region. In *Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoy 130-letiyu so dnya rozhdeniya akademika B. A. Shumakova: Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo [Proceedings of the All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation, dedicated to the 130th anniversary of the birth of Academician B. A. Shumakov: Land Reclamation and Water Management]* (pp. 118–125). Novocheerkassk: LLC "Lik" Publ. [in Russian].

8. Kellogg, Ch. E. (1951). Soil and Land Classification. *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 33(4), Part 1, 499–513.
9. Stallings, J. H. (1957). *Soil Conservation*. New Jersey: Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, 390 p.
10. Lopyrev, M. I. (2017). Experience in planning and implementation of ecological-landscape farming systems in the Central Black Earth Region. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Izvestia Orenburg State Agrarian University]*, 4(66), 8–10 [in Russian].
11. *Nauchno-prakticheskie osnovy adaptivno-landshaftnoy sistemy zemledeliya Kurskoy oblasti [Scientific and practical foundations of adaptive-landscape farming system of Kursk region]*. (2017). Kursk: TOP+ Publ., 188 p. [in Russian].
12. Papaskiri T. V. (2014). Development of the Federal Target Program "On creation of the system of automated land surveying design (SAZPR) and a package of application programs (APP) for the performance of priority types of land surveying and related works on the territory of the Russian Federation". *Zemleustroystvo, kadastr i monitoring zemel' [Land Surveying, Cadastre and Land Monitoring]*, 4, 14–25 [in Russian].
13. Papaskiri T. V. (2016). Organizational and economic mechanism of formation of the system of automated design in land management *Doctor's thesis*. Moscow: State University of Land Management, 399 p. [in Russian].
14. Stocker, C., Koeva, M., Nkerabigwi, P., & Zevenbergen, J. (2020). UAV Technology: Opportunities to Support the Updating Process of the Rwandan Cadastre. *FIG Working Week 2020. Smart Surveyors for Land and Water Management*. Amsterdam, Netherlands.
15. Documentation NextGIS 1.11. Retrieved from <https://docs.nextgis.ru/index.html> [in Russian].
16. Dobrotvorskaya, N. I. (2019). Agroecological land typification - a necessary stage in the design of adaptive-landscape farming systems. *Vestnik NGAU [Bulletin of NSAU]*, 1(50), 7–17 [in Russian].

Author details

Pavel N. Golovin – Ph. D. Student, Department of Land Management.

Vladimir L. Bogdanov – D. Sc., Professor, Department of Land Management.

Received 11.07.2023

© P. N. Golovin, V. L. Bogdanov, 2024