

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ/LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.2>

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОН ПОДТОПЛЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ НА ЗЕМЛЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Научная статья

Чурсин А.И.^{1,*}, Завьялов З.А.², Буданова Л.М.³, Ишамятова И.Х.⁴

¹ ORCID : 0000-0002-5877-5410;

⁴ ORCID : 0000-0002-4917-4920;

¹ Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза, Российской Федерации

^{2,3} ООО «Геосаэро», Пенза, Российской Федерации

⁴ Государственный университет по землеустройству, Москва, Российской Федерации

* Корреспондирующий автор (ktkbr1322[at]yandex.ru)

Аннотация

Проведенное исследование представляет собой комплексную работу по разработке и апробации методики определения зон подтопления сельскохозяйственных земель с использованием современных геоинформационных технологий. Актуальность данной работы обусловлена возрастающей проблемой подтопления угодий, которое приводит к существенному снижению их продуктивности, ухудшению качества почв и значительным экономическим потерям для агропромышленного комплекса.

В ходе исследования был выполнен детальный анализ существующих подходов к определению зон подтопления, включая изучение нормативно-правовой базы, гидрологических и гидрогеологических факторов. На основе этого анализа разработана оригинальная методика, позволяющая с высокой точностью классифицировать территории по степени риска подтопления. Методика учитывает комплекс параметров: уровень грунтовых вод, особенности рельефа местности, литологический состав почв и антропогенное воздействие.

Особое внимание в работе уделено применению современных технологических решений. Использование беспилотных летательных аппаратов для аэрофотосъемки позволило получить высокодетализированные данные о состоянии сельхозугодий. Последующая обработка этих данных в специализированных программных комплексах Agisoft Metashape и Quantum GIS обеспечила создание точных цифровых моделей рельефа, ортофотопланов и тематических карт зон подтопления.

Важным результатом работы стало подтверждение эффективности предложенной методики. Использование современных технологий мониторинга позволяет не только точно определять зоны подтопления, но и оперативно реагировать на изменения гидрологической обстановки, что значительно повышает эффективность управления сельскохозяйственными землями.

Таким образом, проведенное исследование имеет существенную научную и практическую значимость. Разработанная методика позволяет не только диагностировать проблемные участки, но и предлагать эффективные решения по их мелиорации, что в конечном итоге способствует повышению продуктивности сельскохозяйственных земель и стабильности агропромышленного производства. Полученные результаты могут быть использованы как сельскохозяйственными предприятиями для повышения эффективности землепользования, так и органами власти при разработке программ развития агропромышленного комплекса.

Ключевые слова: методика определения зон подтопления, ГИС-технологии, сельскохозяйственные земли, беспилотные летательные аппараты, QGIS, растровые слои.

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR IDENTIFYING UNDERFLOOD ZONES USING GIS TECHNOLOGIES ON AGRICULTURAL LAND

Research article

Chursin A.I.^{1,*}, Zavyalov Z.A.², Budanova L.M.³, Ishamyatova I.K.⁴

¹ ORCID : 0000-0002-5877-5410;

⁴ ORCID : 0000-0002-4917-4920;

¹ Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russian Federation

^{2,3} Geosaero LLC, Penza, Russian Federation

⁴ State University of Land Use Planning, Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (ktkbr1322[at]yandex.ru)

Abstract

The conducted research represents a complex work on the development and testing of a methodology for determining areas of agricultural land underflooding using modern geoinformation technologies. The relevance of this work is due to the growing problem of land flooding, which leads to a significant reduction in productivity, deterioration of soil quality, and significant economic losses for the agro-industrial complex.

During the study, a detailed analysis of existing approaches to determining underflood zones was carried out, including an examination of the regulatory framework and hydrological and hydrogeological factors. Based on this analysis, an original

methodology was developed that allows territories to be classified with high accuracy according to their degree of flood risk. It takes into account a set of parameters: groundwater level, terrain features, lithological composition of soils, and anthropogenic impact.

Special attention is paid to the use of modern technological solutions. The use of unmanned aerial vehicles for aerial photography made it possible to obtain highly detailed data on the condition of agricultural land. Subsequent processing of this data in specialized software packages Agisoft Metashape and Quantum GIS ensured the creation of accurate digital terrain models, orthophotoplans, and thematic maps of flooded areas.

An important result of the work was confirmation of the effectiveness of the suggested methodology. The use of modern monitoring technologies allows not only to accurately determine areas of flooding, but also to respond quickly to changes in the hydrological situation, which significantly improves the efficiency of agricultural land management.

Thus, the study has significant scientific and practical importance. The developed methodology makes it possible not only to diagnose problem areas, but also to propose effective solutions for their improvement, which ultimately contributes to increasing the productivity of agricultural land and the stability of agro-industrial production. The obtained results can be used both by agricultural enterprises to improve land use efficiency and by government authorities in developing programs for the development of the agro-industrial complex.

Keywords: methodology for determining underflood zones, GIS technologies, agricultural land, unmanned aerial vehicles, QGIS, raster layers.

Введение

Определение зон подтопления представляет собой сложный процесс, объединяющий гидрогеологические, гидрологические, геоморфологические и инженерно-геологические исследования. Основой для определения зон подтопления служит анализ уровня грунтовых вод, который считается ключевым критерием. Подтопление возникает, когда грунтовые воды подходят ближе чем на 1–2 метра к поверхности земли. Важную роль играют фильтрационные свойства грунтов, такие как коэффициент фильтрации и водоотдача, определяющие скорость подъема воды. Также учитывается связь подземных водоносных горизонтов с поверхностными водными объектами.

Гидрологические факторы включают режим поверхностных вод, особенно рек и озер, а также влияние паводков и инфильтрации атмосферных осадков. Геоморфологические условия, такие как рельеф местности, существенно влияют на распространение подтопления: низменности и поймы рек подвержены ему в наибольшей степени. Литологический состав грунтов также важен: глинистые породы удерживают воду, а песчаные быстро ее пропускают.

Результатом подтопления является изменение физических и физико-химических свойств почв и вод, преобразование грунтов, изменение видового состава и продуктивности растительного покрова [11].

Подтопленными участками являются земли, на которых уровень грунтовых вод достигает или превышает критические отметки, в результате чего происходит нарушение хозяйственной деятельности.

Методы и принципы исследования

Мониторинг подтопленных земель проводится не только для выявления ареалов и местоположения этих участков, но для установления причин, характера и степени подтопления. Результаты мониторинга используются для оценки неблагоприятных последствий подтопления и разработки конкретных рекомендаций по исправлению сложившейся ситуации.

Коллектив авторов из ФГБНУ ВНИИ «Радуга», под редакцией Н.Г. Ковалева, разработал «Методы оценки степени деградации сельскохозяйственных земель». Н.Б. Хитров, А.Л. Иванов, А.А. Завалин и М.С. Кузнецов опубликовали научную статью, рассматривающую «Проблемы деградации, охраны и пути восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения» с позиций социально-экономической географии [13].

А.Н. Костяков — основоположник и видный деятель в области агромелиорации в России. Его работы посвящены разработке методологий и техник планирования, проектирования, возведения и модернизации мелиоративных систем, предназначенных для сельскохозяйственных нужд [9].

А.М. Шульгин, физико-географ, заложил основы географической мелиорации. Он, опираясь на анализ эмпирических данных, установил ключевые закономерности взаимосвязи климата почвы с атмосферными условиями при различной толщине снежного покрова [15].

Подтопление сельскохозяйственных земель — серьезная проблема, приводящая к снижению урожайности, деградации почв и экономическим потерям. Эффективное противодействие этой угрозе требует комплексного подхода, включающего в себя не только инженерно-технические мероприятия, но и четкое понимание существующей нормативно-правовой базы. Основные нормативные акты, регулирующие вопросы использования и защиты сельскохозяйственных земель от подтопления.

Основой правового регулирования являются федеральные законы, определяющие общие принципы землепользования и охраны окружающей среды, к которым относятся:

- Земельный кодекс РФ (№ 136-ФЗ от 25.10.2001 с изменениями и дополнениями) [1];
- Водный кодекс РФ (№ 74-ФЗ от 03.06.2006 с изменениями и дополнениями) [2];
- Федеральный закон «О мелиорации земель» (№ 4-ФЗ от 10.01.1996 с изменениями и дополнениями) [3];
- Федеральный закон «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» (№ 101-ФЗ от 16.07.1998 с изменениями и дополнениями) [4];
- Постановление Правительства РФ № 360 от 18.04.2014 [5];
- Постановление Правительства РФ № 87 от 16.02.2008 [6];
- ГОСТ 17.4.3.06-2020 [7].

Основные результаты и их обсуждение

В современном мире определение зон подтопления актуально при помощи беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Это гораздо быстрее, экономичнее и точнее полевых измерений.

Беспилотные летательные аппараты различают не только по способу их применения в определённых сферах нашей жизни или различием конструкции, но и по более устойчивым параметрам и характеристикам, например, взлетной массе, дальности, высоте и продолжительности полета, размерам самих аппаратов и т.д.

Различают следующие типы БПЛА, отличающихся конструкцией и принципом работы, взлета/посадки и назначения:

- БПЛА самолетного типа («Геоскан 201»);
- Мультироторные БПЛА (Альбатрос D1, D5, A5h);
- БПЛА Аэростатического типа (ДП- 27 «Анюта»);
- Беспилотные конвертопланы и гибридные модели.

Примером, рассмотрения возьмём БПЛА самолетного типа (рис. 1).



Рисунок 1 - Геоскан 201 и его составляющие
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.2.1>

Для получения ортофотопланов необходимо провести много работ, а именно:

- получить границы полета в электронном виде и подготовить план полета;
- за 3 дня до работ закрыть воздушное пространство от полетов других воздушных судов на время проведения работ;

- на местности установить наземное геодезическое оборудование;
- подготовить БПЛА к работе и произвести аэрофотосъемку.

Полученные с использованием комплекса материалы могут использоваться для:

- создания ортофотопланов масштаба 1:500 – 1:2000; позволяет увидеть фотографический план местности, на котором представлена земная поверхность и объекты на ней;

· трехмерного моделирования участка местности; позволяет планировать на цифровом представлении Земли и связных объектах на урбанистических территориях;

· создания карт высот местности; дает увидеть изображение местности, ландшафта земли в двумерном представлении;

· вычисления объемов пород в карьерах и насыпных объектах; позволяет автоматически рассчитывать точный объем для проведения дальнейших работ;

· обследования состояния объектов инфраструктуры, дорожного полотна; своевременное определение состояния позволит быстро произвести все последующие работы по ремонту дорог, а также контроль качества произведенных работ на каком-либо участке дороги;

· инвентаризации лесов и посевов; Пензенский регион является аграрным 72% занимают земли с/х назначения контролю за функционирование данных территорий осуществляется наземными обследованиями и методами ДЗЗ;

- оценки ущерба и планирования аварийно-спасательных работ;

- при ЧС, таких как наводнения, оползни и пожары.

Аэрофотосъемка позволяет в сжатые сроки и с минимальными денежными затратами получать изображения с высоким разрешением и полный спектр необходимой информации [8].

Оцифровка границ земельных участков — задача, актуальная для множества сфер, от точного земледелия и кадастра до экологического мониторинга и планирования инфраструктуры.

QGIS, бесплатный и мощный ГИС-пакет с открытым кодом, предоставляет все необходимые инструменты для выполнения этой задачи с высокой точностью и эффективностью. Данная работа послужит подробным руководством по оцифровке границ полей в QGIS, начиная с подготовки данных и заканчивая экспортом результатов.

1. Подготовка данных: фундамент точной оцифровки

Качество исходных данных — ключевой фактор, определяющий точность оцифровки. Перед началом работы необходимо подготовить:

Базовая карта (подложка): идеальным вариантом является ортофотоплан — геопривязанный аэрофотоснимок с минимальными геометрическими искажениями. Высокое разрешение ортофотоплана значительно облегчит процесс оцифровки, позволяя четко различить границы полей. В качестве альтернативы можно использовать спутниковые снимки высокого разрешения, но помните, что облачность и разрешение могут повлиять на точность.

Загрузка подложки в QGIS: существует несколько способов загрузки подложки:

QuickMapServices: этот удобный плагин предоставляет доступ к различным онлайн-картам, таким как Google Satellite, Bing Aerial и OpenStreetMap. Установите плагин через меню Плагины → Управление и установка плагинов, найдите QuickMapServices и установите его. После перезапуска QGIS вы сможете добавлять слои онлайн-карт через панель QuickMapServices (рис. 2 и 3).

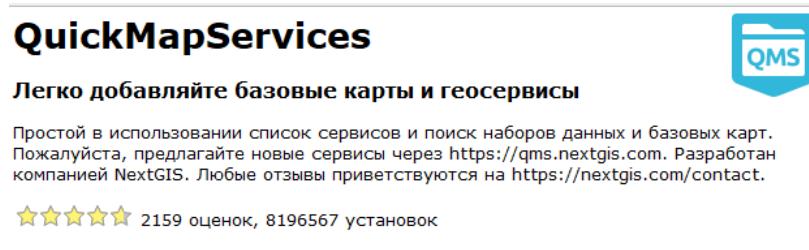


Рисунок 2 - Плагин QuickMapServices в панели плагинов

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.2.2>

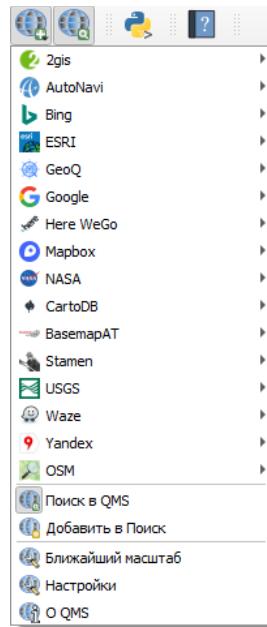


Рисунок 3 - Плагин QuickMapServices в панели инструментов

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.2.3>

Загрузка GeoTIFF: если работаете с GeoTIFF-файлом ортофотоплана, загрузите его через меню Layer → Add Layer → Add Raster Layer. Укажите путь к файлу и нажмите «Открыть» (рис. 4). Также растровый слой можно открыть с помощью простого его переноса в проект.

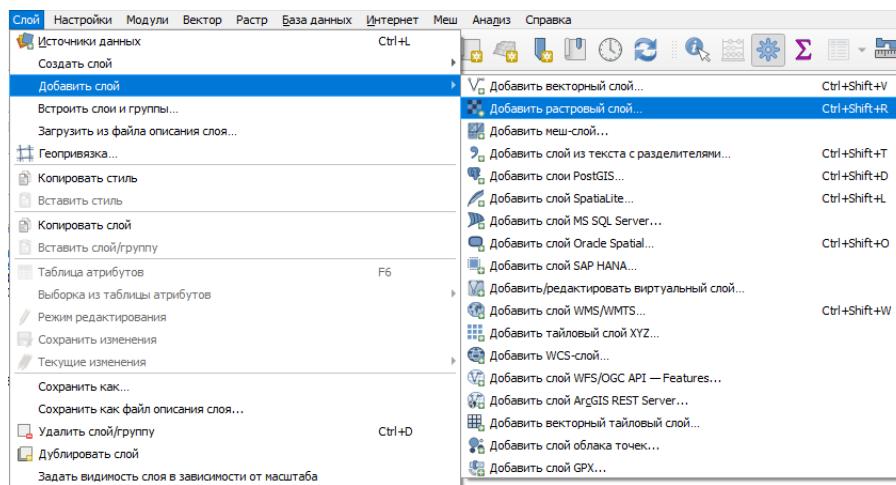


Рисунок 4 - Добавление растрового слоя в проект
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.2.4>

Система координат (СК): выбор правильной системы координат критичен для обеспечения точности. Убедитесь, что используемая СК соответствует вашей области исследования. Для многих регионов подойдет проекция WGS 84 / UTM (Универсальная поперечная проекция Меркатора). Проверьте СК вашей подложки (она обычно указана в метаданных файла) и убедитесь, что проект QGIS использует ту же СК. Изменить СК проекта можно в меню Проект → Свойства → CRS. Здесь вы можете выбрать нужную проекцию, используя поиск по названию или коду EPSG (рис. 5).

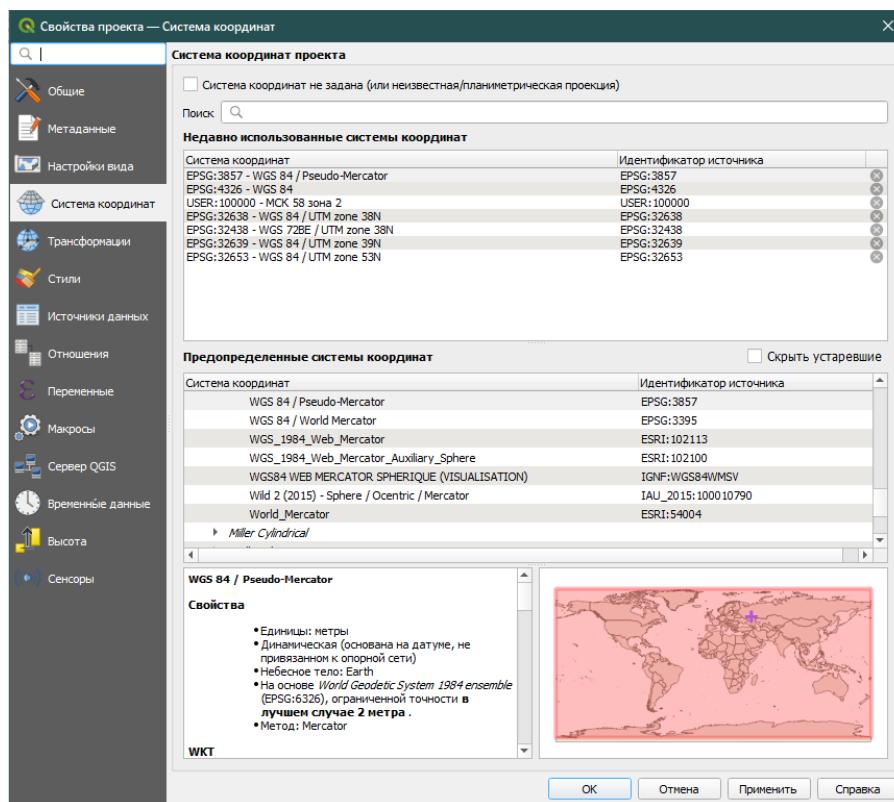


Рисунок 5 - Изменение системы координат в проекте
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.2.5>

2. Создание нового векторного слоя:

После загрузки подложки необходимо создать новый векторный слой, в котором будут храниться оцифрованные границы полей. Для этого выполните следующие шаги:

1. Перейдите в меню Layer → Create Layer → New Shapefile Layer (рис. 6).

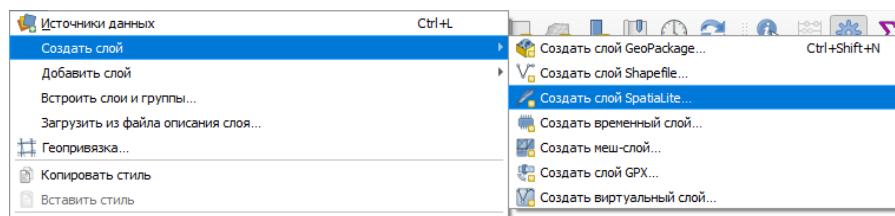


Рисунок 6 - Создание нового Shape-файла
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.2.6>

2. В открывшемся окне выберите тип геометрии Polygon (многоугольник), так как границы полей представляют собой замкнутые многоугольники.
3. Укажите имя слоя (например, «Границы_полей»).
4. Выберите систему координат (та же, что и у вашей подложки).
5. Укажите атрибуты, которые вы хотите хранить для каждого поля (например, «ID поля», «Площадь», «Культура»). Это можно сделать, добавляя поля с соответствующим типом данных.
6. Нажмите «OK». Новый векторный слой появится в списке слоев (рис. 7).

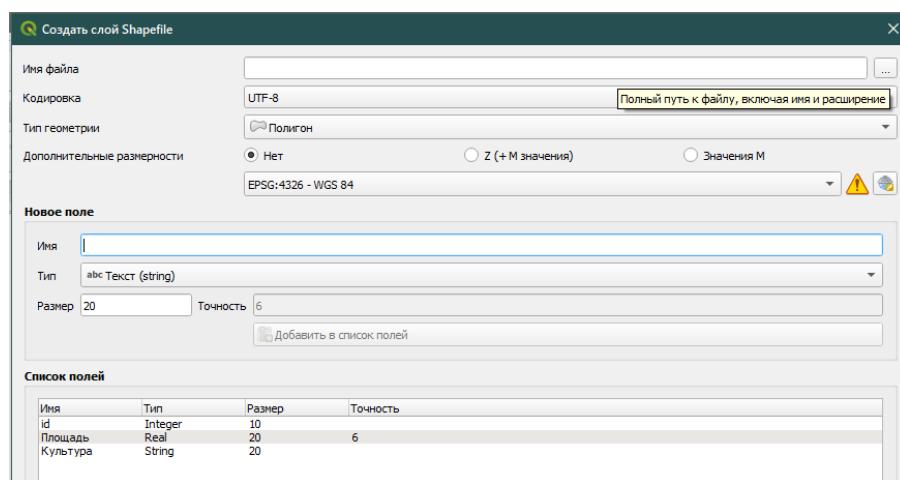


Рисунок 7 - Вид окна по созданию слоя и его настройки
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.2.7>

3. Оцифровка границ полей:

Теперь можно приступить к непосредственной оцифровке.

Активируйте режим редактирования нового векторного слоя, нажав кнопку Toggle Editing (значок с карандашом) в панели инструментов.

Используйте инструмент Add Feature (значок с плюсом) для начала создания нового многоугольника.

Кликайте по точкам, соответствующим границам поля на подложке. Страйтесь точно следовать контуру поля.

Завершите создание многоугольника, щелкнув правой кнопкой мыши или дважды кликнув на последнюю точку.

Заполните атрибуты для созданного поля в открывшемся окне (рис. 8). Площадь поля считается автоматически в калькуляторе после внесения данных о номере поля и культуры.

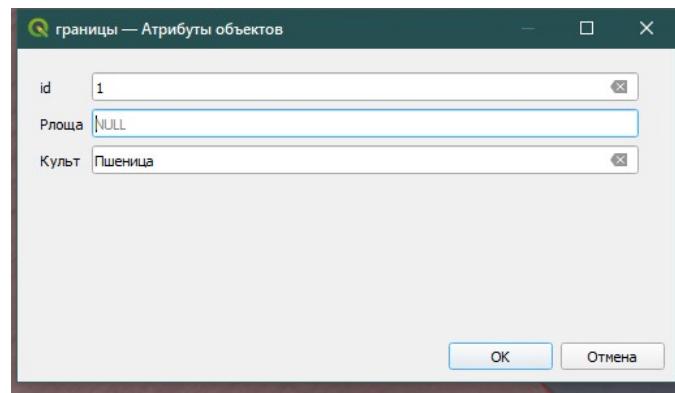


Рисунок 8 - Заполнение таблицы атрибутов слоя с границами
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.2.8>

Повторите этот процесс для всех полей на карте.

4. Редактирование и сохранение результатов:

После оцифровки всех полей необходимо проверить точность и внести необходимые корректировки. Инструменты Node tool (редактирование вершин многоугольника) и Snapping (привязка к точкам) помогут в этом.

После завершения редактирования сохраните изменения, нажав кнопку Save Edits в панели инструментов. QGIS сохранит результаты в созданный вами shapefile.

5. Экспорт данных:

Оцифрованные данные можно экспортить в различных форматах, например, shapefile, GeoJSON или KML, используя меню Layer → Export → Save Features As. Выберите желаемый формат и укажите место сохранения файла (рис. 9 и 10).

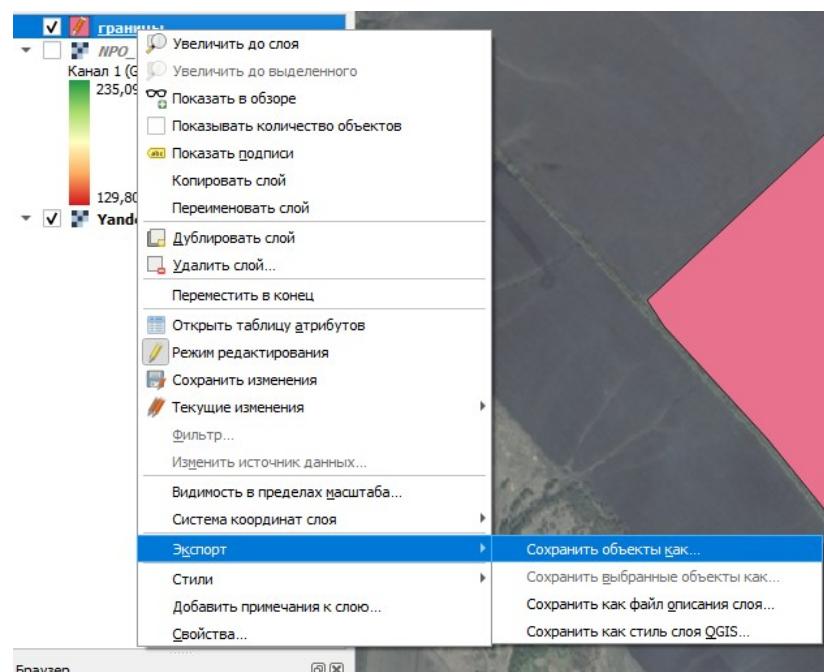


Рисунок 9 - Экспорт векторного слоя
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.2.9>

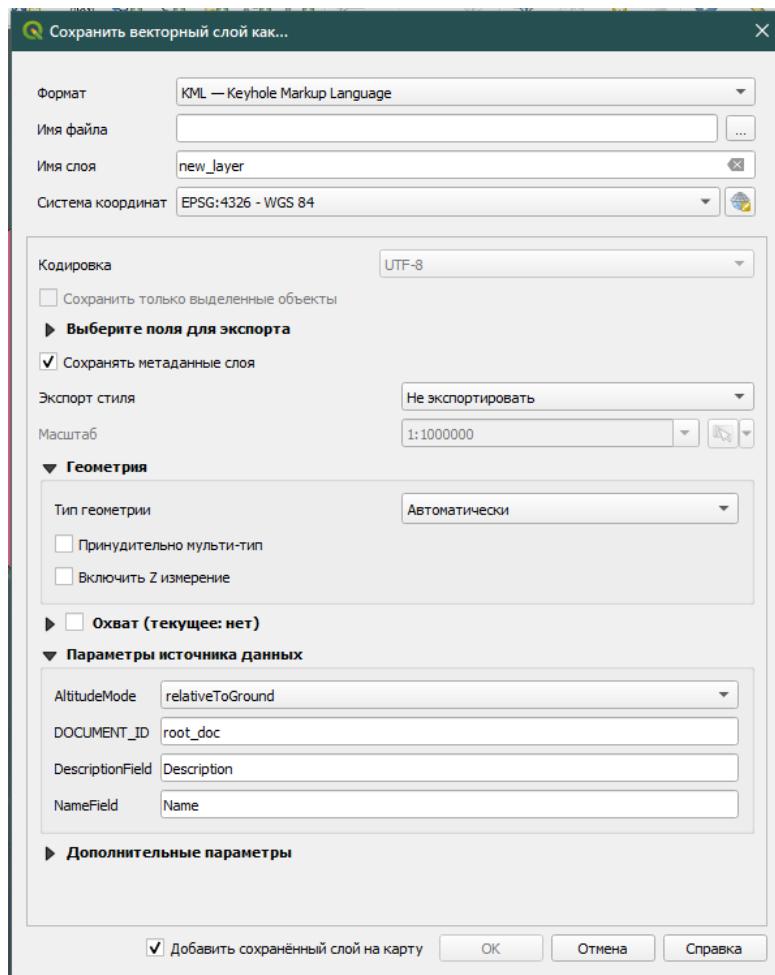


Рисунок 10 - Окно настроек экспорта векторного слоя

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.2.10>

Это пошаговое руководство поможет вам эффективно оцифровать границы полей в QGIS. Практика и внимательность — залог получения точных и качественных результатов. Не бойтесь экспериментировать с настройками и инструментами QGIS, чтобы оптимизировать процесс оцифровки под ваши конкретные задачи.

Затопление — серьезная угроза для населения и инфраструктуры. Точное определение зон потенциального подтопления критически важно для планирования мер по снижению рисков. С помощью открытых и бесплатных ГИС-пакетов QGIS и SAGA GIS можно эффективно анализировать цифровые модели местности (ЦММ) и определять зоны, подверженные затоплению. Это руководство предоставит пошаговое описание процесса.

1. Подготовка данных:

Перед началом анализа необходимо подготовить необходимые данные:

Цифровая модель местности (ЦММ): ЦММ представляет собой растровое изображение, показывающее высоту поверхности Земли. Источники ЦММ разнообразны: SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) предоставляет глобальные данные с разрешением 30 метров, ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) предлагает более высокое разрешение, а LiDAR (Light Detection and Ranging) — наиболее точные данные с высоким разрешением, но часто охватывают меньшие территории. Формат данных должен быть совместим с QGIS (например, GeoTIFF). Важно убедиться в правильности проекции (системе координат) ЦММ.

Уровень воды: для анализа необходимо определить уровень воды, который будет использоваться в качестве порога. Это может быть средний уровень реки, уровень воды при максимальном паводке за определенный период, или прогнозируемый уровень воды при экстремальном сценарии. Значение уровня воды должно быть выражено в тех же единицах, что и высоты на ЦММ (обычно в метрах).

2. Загрузка данных в QGIS:

Запустите QGIS.

Добавьте слой ЦММ, используя меню "Layer" → "Add Layer" → "Add Raster Layer". Выберите ваш файл ЦММ.

Проверьте систему координат (CRS) вашего слоя ЦММ. Она должна соответствовать системе координат вашей области исследования. В случае несоответствия, потребуется выполнить перепроектирование. Это можно сделать с помощью инструмента "Reproject Raster" в Processing Toolbox QGIS.

3. Установка и настройка SAGA GIS:

Убедитесь, что SAGA GIS установлен на вашем компьютере. Он должен быть совместим с вашей версией QGIS. Инструкция по установке SAGA GIS доступна на официальном сайте проекта.

После установки SAGA GIS должен автоматически интегрироваться в QGIS. Вы должны видеть инструменты SAGA GIS в Processing Toolbox.

4. Предобработка ЦММ:

Перед проведением гидрологического анализа ЦММ часто требует предобработки. Это необходимо для устранения артефактов и повышения точности результатов. Ключевым шагом является заполнение впадин ("Fill Sinks"):

Откройте Processing Toolbox в QGIS.

Найдите инструмент SAGA → "Terrain Analysis" → "Preprocessing" → "Fill Sinks".

Выберите загруженный слой ЦМР в качестве входного растра.

Укажите место сохранения обработанного растра.

Запустите инструмент. Это создаст новый растровый слой с заполненными впадинами, более подходящий для гидрологического моделирования.

5. Определение зон подтопления:

Теперь, когда ЦМР подготовлена, можно определить зоны подтопления:

В Processing Toolbox найдите инструмент SAGA → "Raster Calculus" → "Raster Calculator".

6. Интерпретация результатов:

Полученный растровый слой показывает зоны потенциального подтопления. Вы можете визуализировать его в QGIS, используя подходящую цветовую палитру. Более того, вы можете экспорттировать этот слой в различные форматы для дальнейшего использования в других приложениях или для создания отчетов.

Этот метод предоставляет основу для анализа рисков затопления. Для более сложных сценариев, таких как учет скорости потока воды или проницаемости почвы, потребуются более продвинутые инструменты и модели. Тем не менее, QGIS и SAGA GIS предоставляют мощный и доступный инструмент для первоначальной оценки зон подтопления.

Все описанные действия по определению зон подтопления можно поместить в модель, она выглядит так (рис. 11).

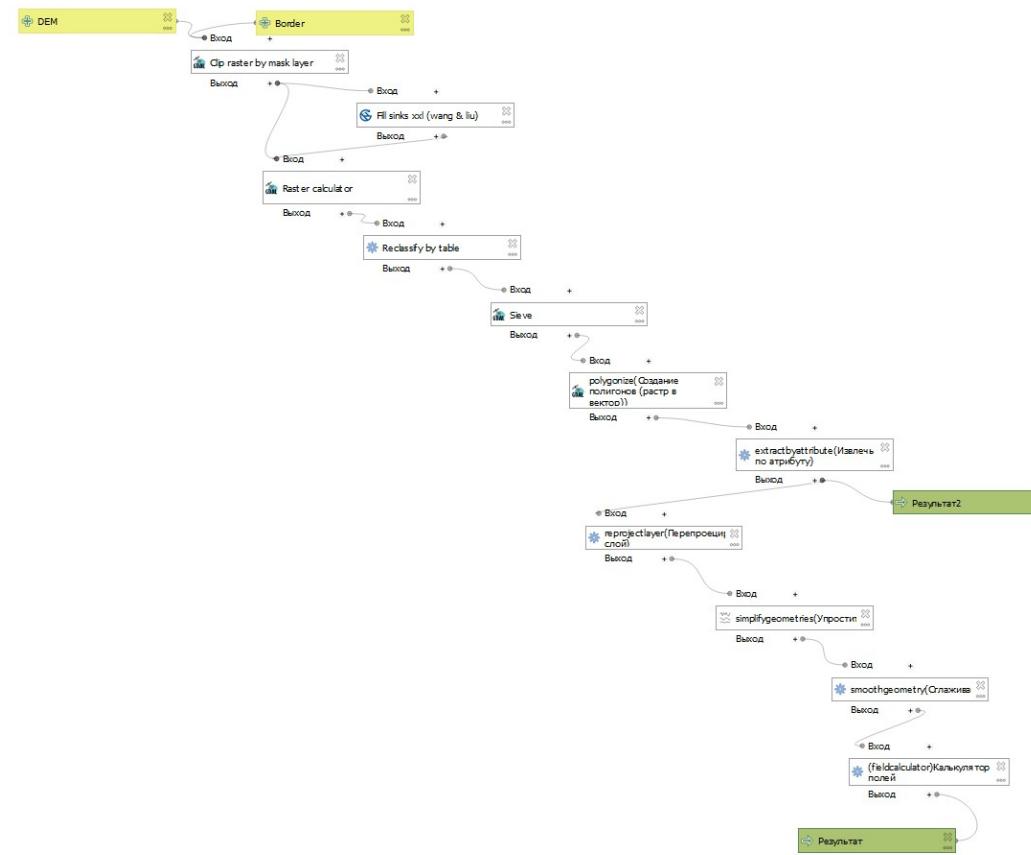


Рисунок 11 - Модель по определению зоны подтопления

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.2.11>

Заключение

В современных условиях изменения климата и усиления антропогенной нагрузки на агроландшафты проблема подтопления сельскохозяйственных угодий приобретает особую актуальность. Разработанная методика предлагает комплексный подход к решению этой проблемы, интегрируя передовые технологии дистанционного зондирования, геоинформационного анализа и традиционных полевых исследований [10], [12].

На первом этапе осуществляется тщательный сбор и систематизация разнообразных пространственных данных, которые в совокупности позволяют получить целостную картину состояния сельскохозяйственных территорий. Особое внимание уделяется получению высокоточных цифровых моделей рельефа с использованием современных беспилотных технологий, обеспечивающих беспрецедентную детализацию поверхности. Параллельно собираются исторические данные о гидрологическом режиме территории и метеорологических особенностях региона, что позволяет учитывать сезонные колебания факторов подтопления.

Полевой этап исследований имеет принципиальное значение для верификации данных дистанционного зондирования. Специалисты проводят регулярные замеры уровня грунтовых вод в сети наблюдательных скважин, уделяя особое внимание критическим периодам (весенне-половодье, затяжные дожди). В ходе полевых работ фиксируются многочисленные индикаторы переувлажнения: от визуально заметных изменений почвенного покрова до характерных изменений в структуре растительных сообществ. Эти наблюдения дополняются опросом местных аграриев, обладающих цennыми эмпирическими знаниями о динамике подтопления на своих угодьях.

На этапе камеральной обработки собранные данные подвергаются сложному многоступенчатому анализу с использованием специализированного программного обеспечения. Гидрологическое моделирование позволяет не только выявить текущие зоны подтопления, но и спрогнозировать развитие неблагоприятных процессов при различных сценариях изменения внешних условий. Особое значение при этом имеет учет почвенных характеристик, определяющих фильтрационные свойства грунтов и, следовательно, динамику подтопления.

Полученные результаты подвергаются тщательной проверке путем сравнения с данными полевых наблюдений и историческими материалами. Этот процесс может включать несколько итераций уточнений, пока не будет достигнута удовлетворительная точность модели. Особое внимание уделяется пограничным зонам, где даже незначительные изменения рельефа или почвенных характеристик могут существенно влиять на картину подтопления.

Финальным этапом является трансформация полученных данных в практически значимые продукты. Создаваемые тематические карты сопровождаются подробными аналитическими материалами, содержащими не только описание текущего состояния территории, но и прогноз его изменения, а также конкретные рекомендации по мелиорации. Особую ценность представляет экономическая оценка последствий подтопления, позволяющая обосновать инвестиции в защитные мероприятия.

На рисунке 12 кратко описаны этапы методики.

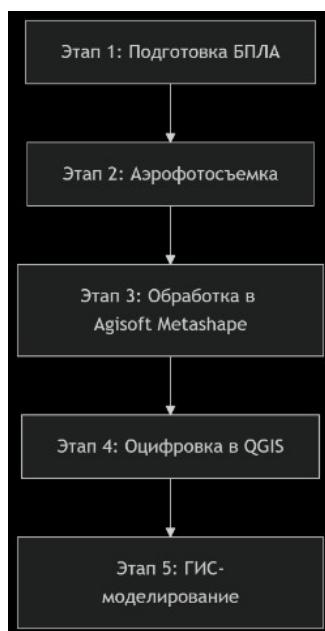


Рисунок 12 - Схема методики определения зон подтопления
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.2.12>

На рисунке 13 представлен фрагмент итогового продукта с обозначенными границами зон подтопления и цифровой моделью местности [14].

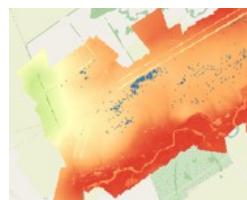


Рисунок 13 - Фрагмент с обозначенными границами зон подтопления и цифровой моделью местности
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.2.13>

Совершенствование предлагаемого подхода видится в интеграции новых технологических решений, включая системы автоматического мониторинга параметров окружающей среды и применение методов искусственного интеллекта для обработки больших массивов пространственных данных. Это позволит перейти от эпизодических исследований к системе непрерывного мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий.

Разработанная методика представляет собой эффективный инструмент для решения актуальных задач устойчивого развития агроландшафтов, позволяющий сочетать научную обоснованность с практической применимостью в реальных условиях сельскохозяйственного производства.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 31.07.2025) : [принят Государственной Думой 28 сентября 2001 года : одобрен Советом Федерации 10 октября 2001 года] // КонсультантПлюс. — Москва, 2001. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/ (дата обращения: 18.10.2025).
2. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 31.07.2025) : [принят Государственной Думой 12 апреля 2006 года : одобрен Советом Федерации 26 мая 2006 года] // КонсультантПлюс. — Москва, 2006. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (дата обращения: 23.10.2025).
3. О мелиорации земель : Федеральный закон от 10.01.1996 № 4-ФЗ (ред. от 30.12.2023) : [принят Государственной Думой 8 декабря 1995 года] // КонсультантПлюс. — Москва, 1996. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8864/ (дата обращения: 21.09.2025).
4. О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения : Федеральный закон от 16.07.1998 № 101-ФЗ (ред. от 01.01.2024) : [принят Государственной Думой 3 июля 1998 года : одобрен Советом Федерации 9 июля 1998 года] // КонсультантПлюс. — Москва, 1998. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19434/ (дата обращения: 21.09.2025).
5. О зонах затопления, подтопления : Постановление Правительства РФ от 18.04.2014 № 360 (ред. от 24.05.2024) // КонсультантПлюс. — Москва, 2014. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162041/77dce98bb894af887871c1007494a4eed999b972/ (дата обращения: 21.09.2025).
6. О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию : Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 (ред. от 21.10.2025) // КонсультантПлюс. — Москва, 2008. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_75048/ (дата обращения: 12.10.2025).
7. ГОСТ 17.4.3.06-2020. Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв. — Введ. 2022-01-01. — Москва : Стандартинформ, 2020. — URL: <http://gost.gtsever.ru/Data/739/73970.pdf> (дата обращения: 10.10.2025).
8. Чурсин А.И. Применение БПЛА в точном земледелии для эффективности использования сельскохозяйственных земель / А.И. Чурсин, М.Е. Першина // Journal of Agriculture and Environment. — 2024. — № 6 (46). — 7 с. — DOI: [10.60797/JAE.2024.46.11](https://doi.org/10.60797/JAE.2024.46.11).
9. Костяков А.Н. Основы мелиораций / А.Н. Костяков. — Москва : Госсельхозиздат, 1960. — 750 с.
10. Ковалев Н.Г. Методы оценки степени деградации сельскохозяйственных земель / Н.Г. Ковалев, Г.В. Ольгаренко, Ю.И. Митрофанов [и др.]. — Коломна : ИП Воробьев О.М., 2015. — 32 с.
11. Никишина П.Н. Обновление картографических материалов методами дистанционного зондирования / П.Н. Никишина, Л.М. Будanova, Е.П. Тюкленкова // Образование и наука в современном мире. Инновации. — 2024. — № 6 (55). — С. 90–98.
12. Фоменко А.Е. Управление территориями при помощи геоинформационных технологий / А.Е. Фоменко, А.И. Чурсин // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2015. — № 5–1. — С. 80–82.

13. Хитров Н.Б. Проблемы деградации, охраны и пути восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения / Н.Б. Хитров, А.Л. Иванов, А.А. Завалин [и др.] // Вестник Орёл ГАУ. — 2007. — № 6 (9). — С. 29–32.
14. Чурсин А.И. Мониторинг использования сельскохозяйственных земель в земельном фонде Пензенской области / А.И. Чурсин, Н.Ю. Сафонова // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. — 2011. — № 3 (75). — С. 86–93.
15. Шульгин А.М. Методика сельскохозяйственной оценки климата: (Агроклиматология) : конспект лекций / А.М. Шульгин. — Москва : Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 1966. — 98 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Zemel'nyj kodeks Rossijskoj Federacii ot 25.10.2001 № 136-FZ (red. ot 31.07.2025) [Land Code of the Russian Federation of October 25, 2001 No. 136-FL (as amended on July 31, 2025)] : [accepted by the State Duma on September 28, 2001 : approved by the Federation Council on October 10, 2001] // Konsul'tantPlyus [ConsultantPlus]. — Moscow, 2001. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/ (accessed: 18.10.2025). [in Russian]
2. Vodnyj kodeks Rossijskoj Federacii ot 03.06.2006 № 74-FZ (red. от 31.07.2025) [Water Code of the Russian Federation of June 3, 2006 No. 74-FL (as amended on July 31, 2025)] : [accepted by the State Duma on April 12, 2006 : approved by the Federation Council on May 26, 2006] // Konsul'tantPlyus [ConsultantPlus]. — Moscow, 2006. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (accessed: 23.10.2025). [in Russian]
3. O melioracii zemel' [On land reclamation] : Federal Law of January 10, 1996 No. 4-FL (as amended on December 30, 2023) : [accepted by the State Duma on December 8, 1995] // Konsul'tantPlyus [ConsultantPlus]. — Moscow, 1996. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8864/ (accessed: 21.09.2025). [in Russian]
4. O gosudarstvennom regulirovaniyu obespecheniya plodorodiya zemel' sel'skokhozyajstvennogo naznacheniya [On state regulation of ensuring the fertility of agricultural lands] : Federal Law of July 16, 1998 No. 101-FL (as amended on January 1, 2024) : [accepted by the State Duma on July 3, 1998 : approved by the Federation Council on July 9, 1998] // Konsul'tantPlyus [ConsultantPlus]. — Moscow, 1998. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19434/ (accessed: 21.09.2025). [in Russian]
5. O zonah zatopleniya, podtopleniya [On zones of flooding and waterlogging] : Resolution of the Government of the Russian Federation of April 18, 2014 No. 360 (as amended on May 24, 2024) // Konsul'tantPlyus [ConsultantPlus]. — Moscow, 2014. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162041/77dce98bb894af887871c1007494a4eed999b972/ (accessed: 21.09.2025). [in Russian]
6. O sostave razdelov proektnoj dokumentacii i trebovaniyah k ih soderzhaniyu [On the composition of sections of project documentation and requirements for their content] Resolution of the Government of the Russian Federation of February 16, 2008 No. 87 (as amended on October 21, 2025) // Konsul'tantPlyus [ConsultantPlus]. — Moscow, 2008. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_75048/ (accessed: 12.10.2025). [in Russian]
7. GOST 17.4.3.06-2020. Okhrana prirody. Obshchie trebovaniya k klassifikacii pochv [Nature protection. Soils. General requirements for soil classification]. — Introd. 2022-01-01. — Moscow : Standartinform, 2020. — URL: <http://gost.gtsever.ru/Data/739/73970.pdf> (accessed: 10.10.2025). [in Russian]
8. Chursin A.I. Primenenie BPLA v tochnom zemledelii dlya effektivnosti ispol'zovaniya sel'skokhozyajstvennykh zemel' [Application of UAVs in precision farming for efficiency of agricultural land use] / A.I. Chursin, M.E. Pershina // Journal of Agriculture and Environment. — 2024. — № 6 (46). — 7 p. — DOI: 10.60797/JAE.2024.46.11. [in Russian]
9. Kostyakov A.N. Osnovy melioracij [Fundamentals of Land Reclamation] / A.N. Kostyakov. — Moscow : Gossel'hozizdat, 1960. — 750 p. [in Russian]
10. Kovalev N.G. Metody ocenki stepeni degradacii sel'skokhozyajstvennykh zemel' [Methods of assessment of degradation of agricultural land] / N.G. Kovalev, G.V. Olgarenko, Yu.I. Mitrofanov [et al.]. — Kolomna : IP Vorobyov O.M., 2015. — 32 p. [in Russian]
11. Nikishina P.N. Obnovlenie kartograficheskikh materialov metodami distancionnogo zondirovaniya [Updating topographic material using remote sensing] / P.N. Nikishina, L.M. Budanova, E.P. Tyuklenkova // Obrazovanie i nauka v sovremennom mire. Innovacii [Education and Science in the Modern World. Innovations]. — 2024. — № 6 (55). — P. 90–98. [in Russian]
12. Fomenko A.E. Upravlenie territoriyami pri pomoshchi geoinformacionnykh tekhnologij [Management areas using GIS technology] / A.E. Fomenko, A.I. Chursin // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovanij [International Journal of Applied and Fundamental Research]. — 2015. — № 5–1. — P. 80–82. [in Russian]
13. Khitrov N.B. Problemy degradacii, okhrany i puti vosstanovleniya produktivnosti zemel' sel'skokhozyajstvennogo naznacheniya [Problems of degradation, protection and ways to restore the productivity of agricultural lands] / N.B. Khitrov, A.L. Ivanov, A.A. Zavalin [et al.] // Vestnik Orel GAU [Bulletin of Orel State Agrarian University]. — 2007. — № 6 (9). — P. 29–32. [in Russian]
14. Chursin A.I. Monitoring ispol'zovaniya sel'skokhozyajstvennykh zemel' v zemel'nom fonde Penzenskoj oblasti [Monitoring of use of farmlands in ground fund of the Penza region] / A.I. Chursin, N.Yu. Safronova // Zemleustrojstvo, kadastr i monitoring zemel' [Land Management, Cadastre and Land Monitoring]. — 2011. — № 3 (75). — P. 86–93. [in Russian]
15. Shulgin A.M. Metodika sel'skokhozyajstvennoj ocenki klimata: (Agroklimatologiya) [Methodology for agricultural assessment of climate: (Agricultural Climatology)] : lecture notes / A.M. Shulgin. — Moscow : Moscow State University named after M.V. Lomonosov, 1966. — 98 p. [in Russian]