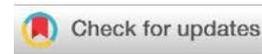


УДК 912.4

<https://doi.org/10.31251/pos.v7i4.277>

## Геоинформационная система мелиорируемых земель Пермского края

© 2024 А. Н. Чашин , И. А. Самофалова , Н. М. Мудрых , О. А. Гилёв, В. Ю. Гилев 

ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова», ул. Петропавловская, 23, г. Пермь, 614990, Россия. E-mail: [chascshin@mail.ru](mailto:chascshin@mail.ru)

**Цель исследования.** Анализ состояния и инвентаризация мелиорированных земель Пермского края с обобщением результатов в виде веб-ГИС.

**Место и время проведения.** Работа выполнена в административных границах Пермского края по мелиорированным участкам в течение 2022–2023 гг.

**Методы.** Комплексный подход к решению проблемы реализован методами геоинформационного и веб-картографирования. Геоинформационная система мелиорируемых земель создана на основе крупномасштабных почвенных карт (масштаб 1:10 000). Использовали данные дистанционного зондирования Земли, которые включают в себя космические снимки среднего пространственного разрешения Landsat 5 за 1985–1990 годы, Sentinel-2 за 2020–2021 годы и снимки сверхвысокого разрешения покрытия ESRI World Imagery, а также векторные пространственные данные OpenStreetMap. Создание и информационное наполнение ГИС-проекта осуществляли в QGIS 3.22.12. Разработка клиентского веб-приложения с использованием интерфейсов Leaflet реализована при помощи модуля QGIS2Web и универсального редактора кода Brackets. Разработка главной страницы сайта выполнена на основе технологий HTML и CSS-разметки. Размещение веб-приложения организовано на платформе GitHub. Исследование проведено в несколько этапов: геопривязка сканированных крупномасштабных почвенных карт в системе координат проекции Гаусса-Крюгера, зона 10 и последующая векторизация границ мелиорируемых участков (на основе геопривязанных карт) по данным дистанционного зондирования с использованием разновременных космических снимков в синтезе каналов SWIR-NIR-RED; оценка степени зарастания неиспользуемых мелиорируемых участков по разновременным спутниковым снимкам, полученным в зимний период при помощи метода неуправляемой классификации ISODATA; векторизация участков осушительной мелиорации на основе пространственного анализа векторных данных и данных дистанционного зондирования.

**Основные результаты.** Созданы растровые почвенные карты с нанесением информации в векторном формате о проведенных мелиоративных мероприятиях. На территории Пермского края в 16 муниципальных районах имеются мелиорируемые земли (осушенные и орошаемые). Векторизовано 177 мелиорируемых участков и установлено их актуальное состояние; преобладают осушенные участки. Наибольшие площади (более 1000 га) мелиорируемых земель (осушенных) отмечаются в Пермском, Октябрьском, Большесосновском, Нытвенском, Куединском, Кишертском муниципальных районах. Проведена оценка степени зарастания неиспользуемых мелиорируемых участков. Разработана технологическая схема веб-сайта, сформирована атрибутивная база данных и структура ГИС-проекта. Создана геоинформационная система пространственного анализа состояния и использования мелиорируемых земель Пермского края: веб-ГИС сервис «Геоинформационная система мелиорируемых земель Пермского края».

**Заключение.** Актуальное состояние почвенного покрова мелиорируемых земель определяется характером землепользования. В результате анализа современного использования мелиорируемых почв сформирована геопространственная база данных и карта мелиорируемых земель Пермского края. Установлено, что наибольшие площади мелиорируемых земель в крае расположены в Пермском муниципальном районе (6944 га), Октябрьском городском округе (1175 га) и Большесосновском муниципальный округе (1169 га). Площадь неиспользуемых (заросших древесно-кустарниковой растительностью) мелиорированных земель составила 3564 га. Из существующего ГИС-проекта создано клиентское веб-приложение «Геоинформационная система мелиорируемых земель Пермского края» и организовано на платформе GitHub, что сокращает стоимость геоинформационного проекта. Использование приложения доступно любому сельхозпроизводителю и позволяет в режиме текущего времени получать информацию о плодородии почв, планировать рациональное использование земельных ресурсов агропредприятия, что способствует устойчивому развитию земледелия на мелиорируемых землях Пермского края.

**Ключевые слова:** почвенная карта; веб-картографирование; мелиорируемые земли; векторизация; геопространственная база данных; хостинг; тематические слои.

**Цитирование:** Чашин А.Н., Самофалова И.А., Мудрых Н.М., Гилёв О.А., Гилев В.Ю. Геоинформационная система мелиорируемых земель Пермского края // Почвы и окружающая среда. 2024. Том 7. № 4. e277. DOI: [10.31251/pos.v7i4.277](https://doi.org/10.31251/pos.v7i4.277)

## ВВЕДЕНИЕ

Основой цифровизации сельского хозяйства являются API- платформы и решения в области обработки больших данных, технологии предиктивной аналитики и системы поддержки управления (Щербина, 2019). Эти цифровые решения используются для инвентаризации земельного фонда, в том числе мелиорируемого. Согласно Постановлению Правительства РФ «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации», необходимо стремиться к 2031 г. сохранить мелиорированные земли в сельскохозяйственном обороте на площади не менее 3688,6 тыс. га, обеспечить стимулирование ввода в эксплуатацию мелиорируемых земель и вовлечение в оборот для выращивания сельскохозяйственной продукции выбывшие сельскохозяйственные угодья площадью 600 тыс. га (с учетом достигнутых показателей в 2019–2021 гг.) (Постановление Правительства..., 2021).

Проведение широкомасштабных мелиоративных работ в России позволило увеличить площадь осушаемых земель до 5,1 млн га. Однако на сегодняшний день использование осушенных земель в сельском хозяйстве осуществляется, в основном, по экстенсивным системам без учета ландшафтно-мелиоративных особенностей различных типов агроландшафтов и агротехнологиям с малыми расходами энергии в производстве (низкая насыщенность удобрениями, мелиорантами, средствами защиты растений). Интенсификация сельского хозяйства в 1970–1990 годах, чрезмерное увлечение непродуманной мелиорацией, высокими дозами минеральных удобрений и пестицидов в условиях монокультуры или отсутствии севооборотов привело к деградации почв, резкому возрастанию засоренности полей, загрязнению почв и водоемов остатками агрохимикатов, а продукции – тяжелыми металлами и нитратами (Мудрых и др., 2022а, 2022б).

В основе создания регионального фонда мелиорируемых земель, имеющего в структуре почвенного покрова гидроморфные почвы, лежат значительные капитальные вложения (Щедрин, 2017). При этом возрастающая доля неиспользуемых, но мелиорированных почв требует оценки, анализа современного сельскохозяйственного использования и разработки рекомендации по возвращению выбывших земель в сельскохозяйственный оборот (Шевченко, Лытов, 2021). В Пермском крае заболочено или имеет избыточное увлажнение 234 тыс. га земель сельскохозяйственного назначения (Самофалова и др., 2008), часть из которых осушено.

В связи с этим на территории Пермского края остро стоит задача цифровой инвентаризации осушенных земель, что отвечает концепции цифровой трансформации сельского хозяйства (Щербина, 2019). Инвентаризация почвенного покрова мелиорируемых земель на современном уровне должна быть основана на использовании геоинформационных технологий (Савин, 2003), а конечный продукт геоинформационного картографирования должен представлять веб-картографический сервис, открывающий равный доступ для специалистов агропредприятий и органов государственной власти, но при этом не требующий для обращения с ним специальных компетенций в информационных технологиях (Лэззат, Ахметова, 2023). Наполнение геоинформационной системы включает векторизацию крупномасштабных почвенных карт, анализ и интерпретацию данных дистанционного зондирования, выделение границ мелиорируемых участков (Васильченко, 2022).

Цель исследований – анализ состояния и инвентаризация мелиорируемых земель Пермского края с обобщением результатов в виде веб-ГИС.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основе исследования лежит создание веб-картографического сервиса (веб-ГИС) мелиорируемых земель. Основной геоинформационный слой веб-ГИС – «Границы участков», который является результатом пространственного анализа крупномасштабных почвенных карт Пермского края, **данных дистанционного зондирования (ДЗЗ)** из открытых источников и векторных пространственных данных. Крупномасштабные почвенные карты в масштабе 1 : 10 000 были проанализированы по сельскохозяйственным землепользованиям Пермского края. Данные дистанционного зондирования включали космические снимки среднего пространственного разрешения Landsat 5 за 1985–1990 годы, Sentinel 2 за 2020–2021 годы и снимки сверхвысокого разрешения покрытия ESRI World Imagery (табл. 1). Из набора векторных геоданных OpenStreetMap (получены при помощи модуля «Quick OSM» QGIS) был выделен слой «дренажные каналы».

Подробная характеристика исходных пространственных данных и решаемые на их основе задачи сгруппированы в три блока (табл. 1). Векторизация границ мелиорируемых участков

выполнялась на основе космических снимков. Экспертное дешифрирование проведено на основе композитного изображения, полученного путем объединения коротковолнового инфракрасного, ближнего инфракрасного и красного каналов снимка (SWIR-NIR-RED), имеющего высокую степень контрастности для визуального анализа состояния сельскохозяйственных угодий (Тематическое дешифрирование ..., 2020).

Таблица 1

## Характеристика исходных пространственных данных

Блок данных	Наименование данных	Источник данных	Характеристика	Решаемая задача
Картографические данные	Почвенные карты	ФГУ ГЦАС Пермский	Масштаб 1:10000	Выявление и векторизация мелиорируемых почв (осушенные и орошаемые)
Данные дистанционного зондирования	Данные дистанционного зондирования Landsat 4-5 TM	ers.cr.usgs.gov Способ получения – модуль Semi-Automatic Classification Plugin QGIS	Пространственное разрешение 30 м, спектральное разрешение – 7 каналов	1. Векторизация не используемых на сегодняшний день мелиорируемых участков 2. Оценка зарастания участков
	Данные дистанционного зондирования Sentinel-2	scihub.copernicus.eu/apihub Способ получения – модуль Semi-Automatic Classification Plugin QGIS	Пространственное разрешение 10 м, 4 спектральных канала	1. Анализ с-х использования мелиорируемых участков. 2. Оценка зарастания участков
	Мозаика высокодетальных космических снимков покрытия ESRI Satellite ArcGIS/WorldImagery	Способ получения – модуль QuickMapServices QGIS	Пространственное разрешение 0,3 м, 3 спектральных канала	Векторизация мелиорируемых участков
Векторные данные	Набор векторных геоданных на весь Пермский край	OpenStreetMap	Формат Shape	Выделение слоя «Дренажные каналы»

В ходе пространственного анализа по приведенным в таблице данным, устанавливали границы мелиорируемых участков и оценивали их современное состояние. Для векторизации почвенных карт, их сканированные листы были определены в системе координат проекции Гаусса-Крюгера для зоны 10.

Создание векторных объектов «Мелиорируемые участки» выполняли в 3 этапа: 1) определение системы координат (картографическая привязка) сканированных почвенных карт; 2) векторизация мелиорируемых участков (орошаемые и осушенные) в границах векторного слоя мелиорируемых почв по данным дистанционного зондирования; 3) векторизация участков осушительной мелиорации на основе пространственного анализа векторных данных (данные OSM) и данных дистанционного зондирования.

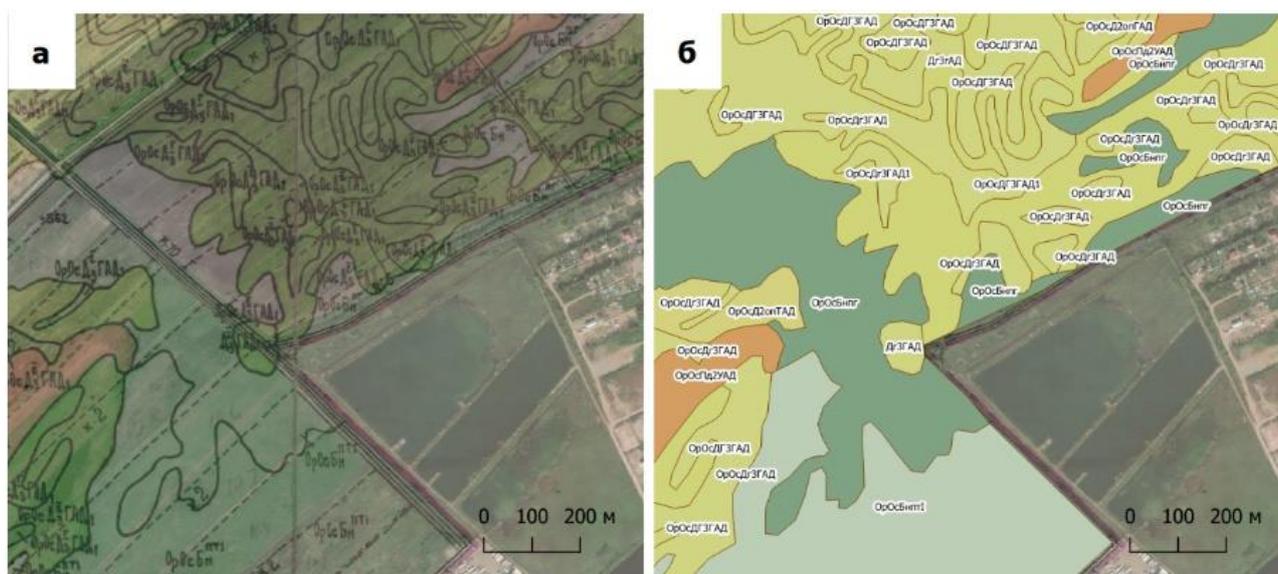
Обобщение пространственных данных и организация открытого доступа к ним решается при помощи технологий интернет-картографирования. Это обусловлено тем, что представление ГИС в формате веб-карты по качеству визуализации, отображению картографической информации носит интерактивный характер по сравнению с бумажными картами и их векторными аналогами.

Для создания веб-ГИС активно используют открытые геотехнологии, включающие разработку клиентской части на основе ГИС-проекта (Абдуллин, 2020). Сегмент открытых геотехнологий существенно расширяет возможности разработчиков геоинформационных систем земельных ресурсов (Arote et al., 2022). Использование открытых геотехнологий QGIS обеспечивает процесс создания картографического веб-приложения таким образом, что разработанный ГИС-проект трансформируется в веб-приложение.

Создание и информационное наполнение ГИС-проекта (векторизация, создание тематических слоев) осуществляли в геоинформационной системе с открытым кодом QGIS 3.22.12. Разработка клиентского веб-приложения с использованием интерфейсов Leaflet реализована при помощи модуля qgis2web и универсального редактора кода Brackets. Разработка главной страницы сайта «Геоинформационная система мелиорируемых земель Пермского края» выполнена на основе технологий HTML и CSS-разметки. Размещение веб-приложения (хостинг) организовано на платформе GitHub.

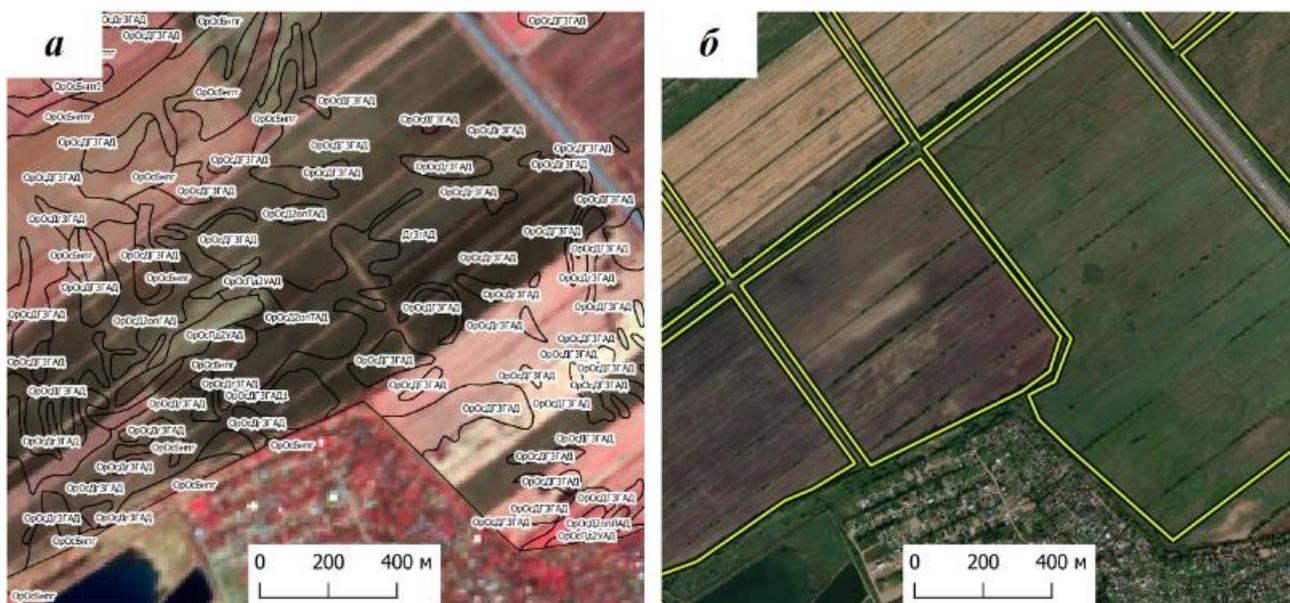
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На первом этапе исследования была произведена картографическая привязка в системе координат проекции WGS 84/UTM zone 40N. Результат – геореференцированные растры почвенных карт, по которым выполняли векторизацию мелиорируемых почв. Результат этой операции представлен на примере мелиорируемых почв в Пермском муниципальном округе (рис. 1).



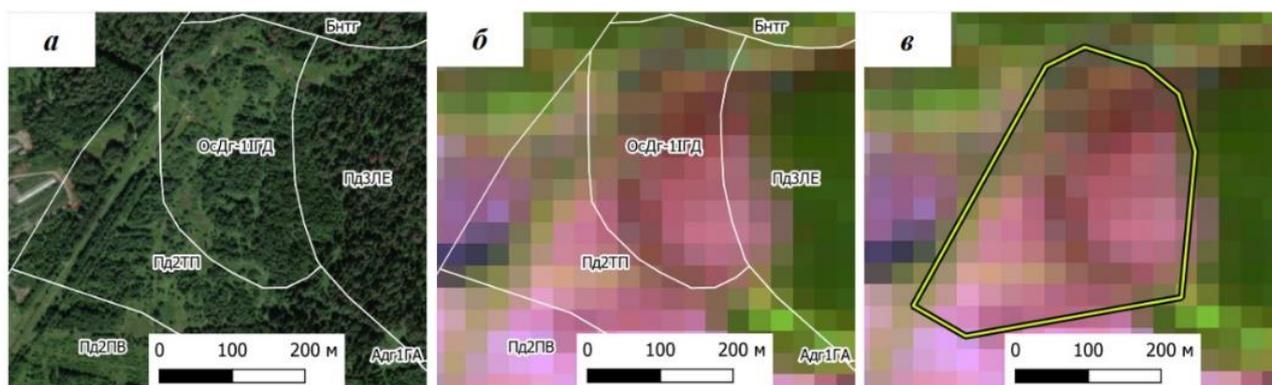
**Рисунок 1.** Векторизация мелиорируемых почв (Пермский муниципальный округ): а) – геопривязанный растр на подложке космоснимка; б) – результат векторизации контуров почв (пример сокращённого обозначения почв ОрОсДГЗГД – Орошаемая осушенная дерново-глеевая глинистая на делювиальных отложениях).

Второй этап исследования включал векторизацию мелиорируемых участков (орошаемые и осушенные) в границах векторного слоя мелиорируемых почв по ДЗЗ. В ходе анализа данных установлено, что актуальное состояние участков различно: многие из них подвержены процессам зарастания древесно-кустарниковой растительностью и застройке. В связи с этим, для анализа сельскохозяйственного использования почв и интенсивности зарастания использовали разновременные космические снимки. Сначала оценивали современное использование территории, в границах которой векторизованы мелиорируемые почвы. Для этого проанализированы данные Sentinel-2 за 2020-21 годы (весенний период: середина апреля – середина мая). По этим снимкам с разрешением 10 м определяли общие очертания открытой поверхности почвы, а векторизация полей проведена по снимкам сверхвысокого разрешения ESRI World Imagery. Если на территории открытых почв не наблюдали, то векторизацию участка проводили по снимкам Landsat 4-5TM за период с 1985 по 1990 год, находящихся в открытом доступе (Белоусова, 2018).



**Рисунок 2.** Векторизация актуальных границ мелиорируемых участков по контурам мелиорируемых почв: а) – контуры мелиорируемых почв на подложке снимка Sentinel-2 в синтезе «искусственный цвет» (Nir-Red-Green, пример сокращённого обозначения почв OpOcДГЗГД – Орошаемая осушенная дерново-глеявая глинистая на делювиальных отложениях); б) – результат векторизации полей с учетом актуальных границ по высокдетальной мозаике космоснимков.

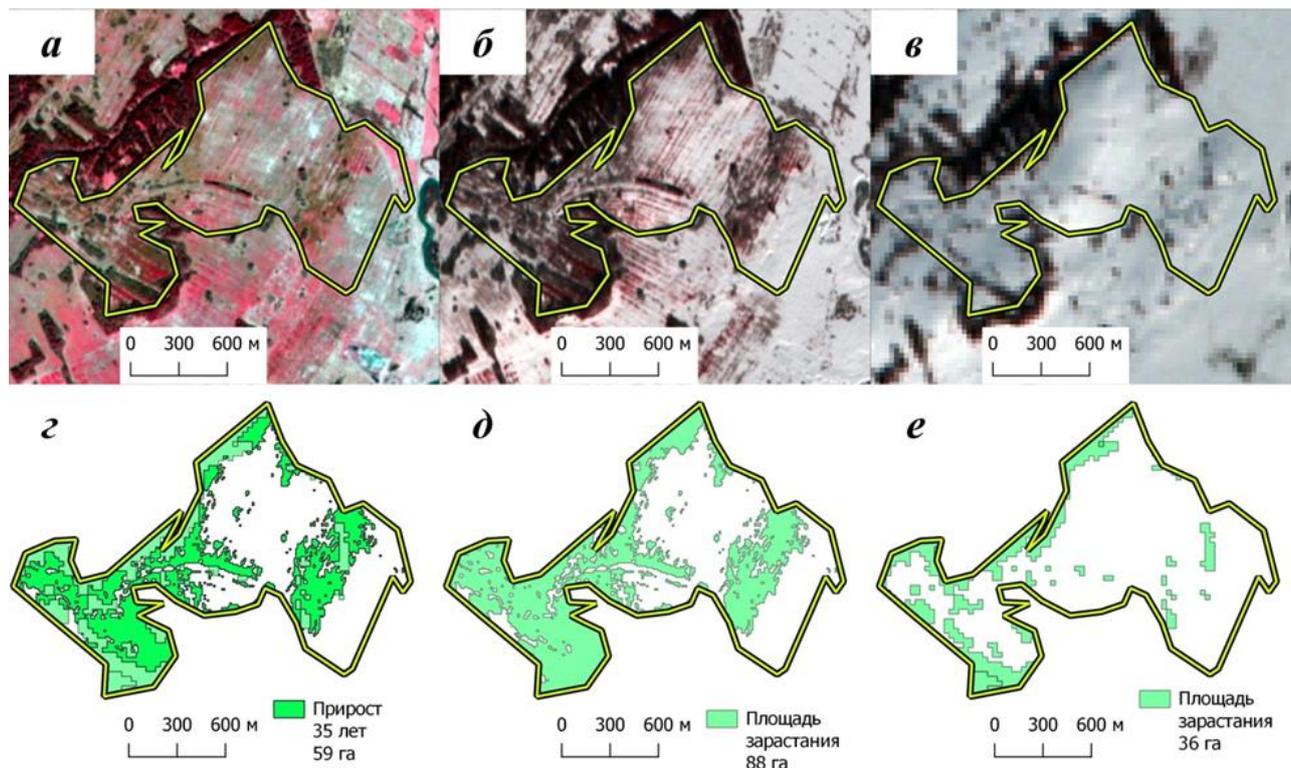
Для территории Пермского края проработана методика оценки степени зарастания сельскохозяйственных земель (Белоусова, Чашин, 2018). Для определения участков зарастания древесными породами использовались зимние снимки со снежным покровом. Основным методом обработки данных дистанционного зондирования является бинарная классификация, разделяющая спутниковое изображение на 2 класса: лесопокрываемые и безлесные территории (Белоусова, Чашин, 2018). Известно, что в 80 годы XX века на территории Пермского края процессы зарастания пахотных земель (в том числе мелиорируемых) не наблюдались. Поэтому оценка состояния зарастания участков землепользования хозяйств проведена на основе векторизации границ мелиорируемых участков по снимкам Landsat 5 (рис. 3). Экспертное дешифрирование выполнено в синтезе каналов SWIR-NIR-RED, который имеет высокую степень контрастности для визуального анализа состояния сельскохозяйственных угодий (Тематическое дешифрирование ..., 2020).



**Рисунок 3.** Векторизация границ заросших участков по данным Landsat: а) – контур мелиорируемой почвы на подложке современного снимка (пример сокращённого обозначения почв Пд2ТП – дерново-мелкоподзолистая тяжелосуглинистая на покровных отложениях); б) – наложение мелиорируемого контура на снимок Landsat 5 от 14.05.1989; в) – результат векторизации мелиорируемого участка по снимку 1989 года.

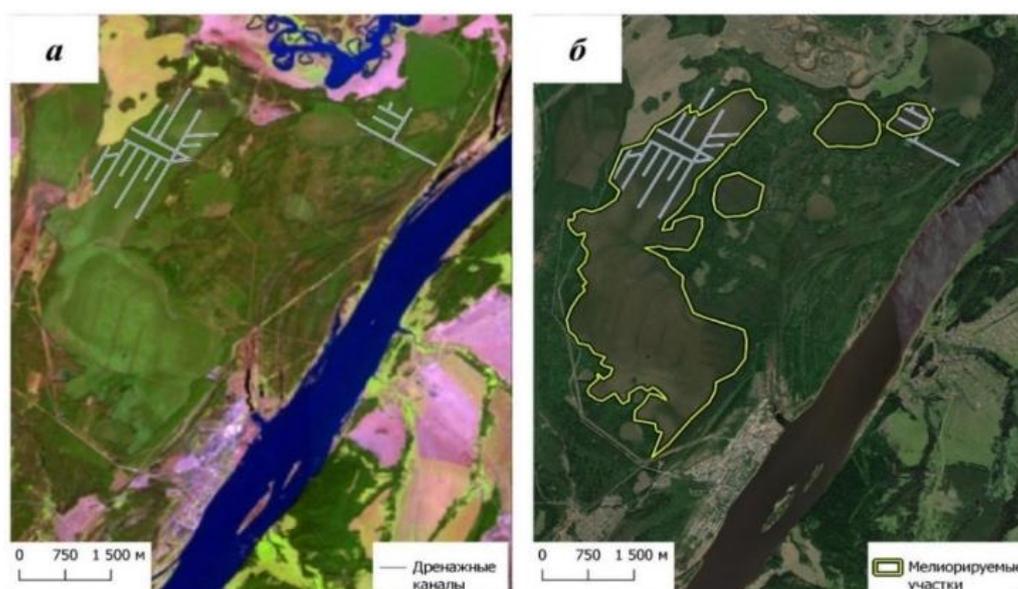
Оценка степени зарастания неиспользуемых мелиорируемых участков выполнялась по разновременным спутниковым снимкам, полученным в зимний период при помощи метода

неуправляемой классификации ISODATA. Было выполнено разделение разновременных изображений на 2 класса – покрытые и непокрытые лесом. Фрагмент анализа представлен на рисунке 4.



**Рисунок 4.** Выявление степени зарастания мелиорируемых участков (на примере участка в Уинском районе Пермского края): а) – мелиорируемый участок на подложке снимка Sentinel-2 от 5 мая 2020 (синтез «искусственный цвет»); б) – мелиорируемый участок на подложке снимка Sentinel-2 от 11 марта 2020 (синтез «искусственный цвет»); в) – мелиорируемый участок на подложке снимка Landsat от 14 февраля 1988 (синтез «искусственный цвет»); г) – площади зарастания участка в 2020 году; д) – площади зарастания участка в 1988 году; е) – прирост древесно-кустарниковой растительности за 35 лет (г – е).

Таким образом, в результате 1 и 2 этапов исследования векторизованы орошаемые и осушенные участки на территории Пермского края по данным крупномасштабных почвенных карт. Третий этап работ состоял в векторизации участков осушительной мелиорации на основе пространственного анализа векторных данных и ДЗЗ. Выделенный из набора данных векторный слой «Дренажные каналы» совмещали с изображением разновременных космических снимков. По результату наложения слоев устанавливали местоположение осушенных участков. Их векторизацию выполняли аналогично предыдущему этапу. Пример экспертного дешифрирования (Нытвенский городской округ) представлен на рисунке 5.



**Рисунок 5.** Векторизация актуальных границ полей, осушенных дренажными каналами: а) – дренажные каналы на подложке снимка Landsat 5 от 14 мая 1989 года (синтез каналов SWIR-NIR-RED); б) – результат векторизации поля с учетом актуальных границ по высокдетальному космоснимку.

На территории Пермского края (табл. 2) в 16 муниципальных районах имеются мелиорированные земли (осушенные и орошаемые). Векторизовано 177 мелиорируемых участков и установлено их актуальное состояние; преобладают осушенные участки. Наибольшие площади (более 1000 га) мелиорируемых земель (осушенных) отмечают в Пермском, Октябрьском, Большесосновском, Нытвенском, Куединском и Кишертском муниципальных районах.

**Таблица 2**

Мелиорируемые земли Пермского края

№п/п	Район	Число участков, шт.	Площадь (количество участков), га		
			Осушенные	Орошаемые	Всего
1	Пермский	89	4632,69 (63)	2311,0 (26)	6943,69
2	Чайковский	1	7,7(1)	-	7,7
3	Куединский	11	1141,30 (11)	-	1141,30
4	Октябрьский	13	1175,00 (13)	-	1175,00
5	Уинский	2	602,2 (2)	-	602,2
6	Ординский	1	169,9 (1)	-	169,9
7	Кишертский	15	1058,4 (15)	-	1058,4
8	Кунгурский	1	25,0 (1)	-	25,0
9	Березовский	3	203,89 (3)	-	203,89
10	Большесосновский	13	1169,0 (13)	-	1169,0
11	Чусовской	17	497,7 (14)	24,8 (3)	522,50
12	Краснокамский	2	349,5 (2)	-	349,5
13	Нытвенский	4	1142,90 (4)	-	1142,90
14	Карагайский	1	147,2 (1)	-	147,2
15	Сивинский	3	77,0 (3)	-	77,0
16	Юсьвинский	1	198,5 (1)	-	198,5
	Всего	177	12598,18	2335,8	14933,68

Основным фактором, лимитирующим ведение сельскохозяйственного производства в регионе, является тяжёлый гранулометрический состав почв (Самофалова и др., 2008; Самофалова, 2014), наиболее неблагоприятное воздействие которого проявляется в самой распаханной равнинной части региона. В связи с этим, мелиорируемые земли здесь представлены большей частью осушенными участками. Орошаемые участки имеются только в Пермском и в Чусовском районах.

Пространственное распределение мелиорируемых земель в регионе отражает карта (рис. 6), из которой видно, что наибольшие площади мелиорируемых земель Пермского края расположены в Пермском муниципальном районе (6944 га), Октябрьском городском округе (1175 га) и Большесосновском муниципальном округе (1169 га).

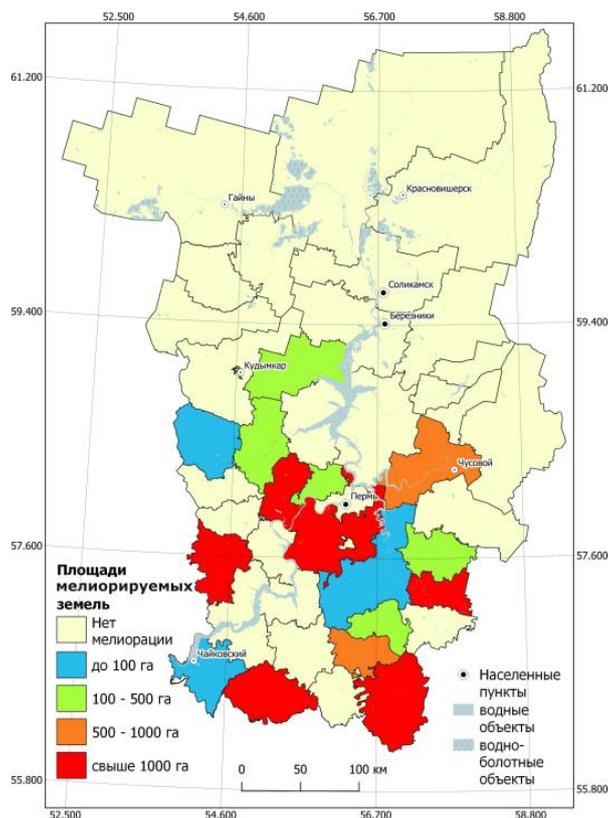


Рисунок 6. Карта распределения мелиорируемых земель в Пермском крае.

В результате анализа имеющегося набора данных и оценки функциональных возможностей геотехнологий интернет-картографирования была составлена технологическая схема разработки веб-сайта «Геоинформационная система мелиорируемых земель Пермского края» (рис. 7).

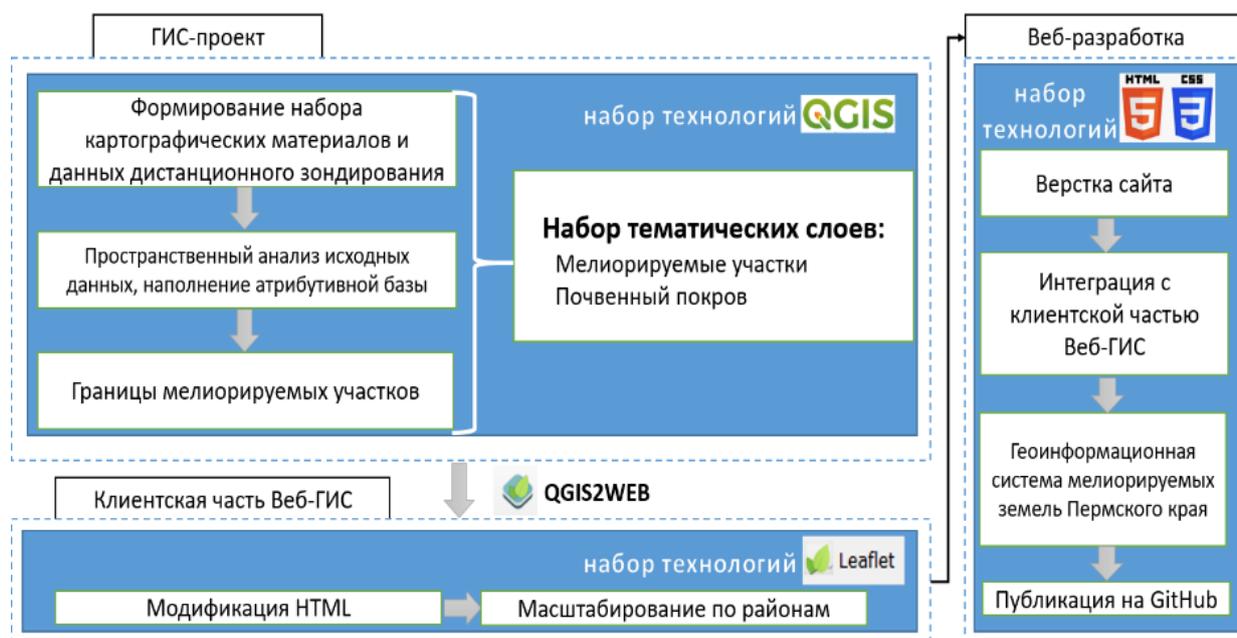


Рисунок 7. Технологическая схема разработки ГИС.

По полученным объектам сформирована атрибутивная база данных, включающая вид гидромелиорации, площадь, показатели плодородия и качества почв. В результате векторизации мелиорируемых участков и заполнения атрибутов, характеризующих актуальное состояние, площадь, показатели плодородия и качества почв мелиорируемых земель, была сформирована геопространственная база данных. Структура ГИС-проекта представлена в таблице 3, внешний вид в среде QGIS (рис. 8).

Таблица 3

Характеристика исходных пространственных данных

Имя слоя	Формат данных	Описание
границы муниципальных образований Пермского края	Векторный (полигоны)	Границы по данным OSM
Дренажные системы	Векторный (полилинии)	Данные OSM
Мелиорируемые участки	Векторный (полигоны)	Результат пространственного анализа исходных картографических материалов и данных дистанционного зондирования
Типы почв	Векторный (полигоны)	Результат векторизации растров почвенных карт
Космический снимок	Растровый	WMS-слой (мозаика ESRI Satellite)

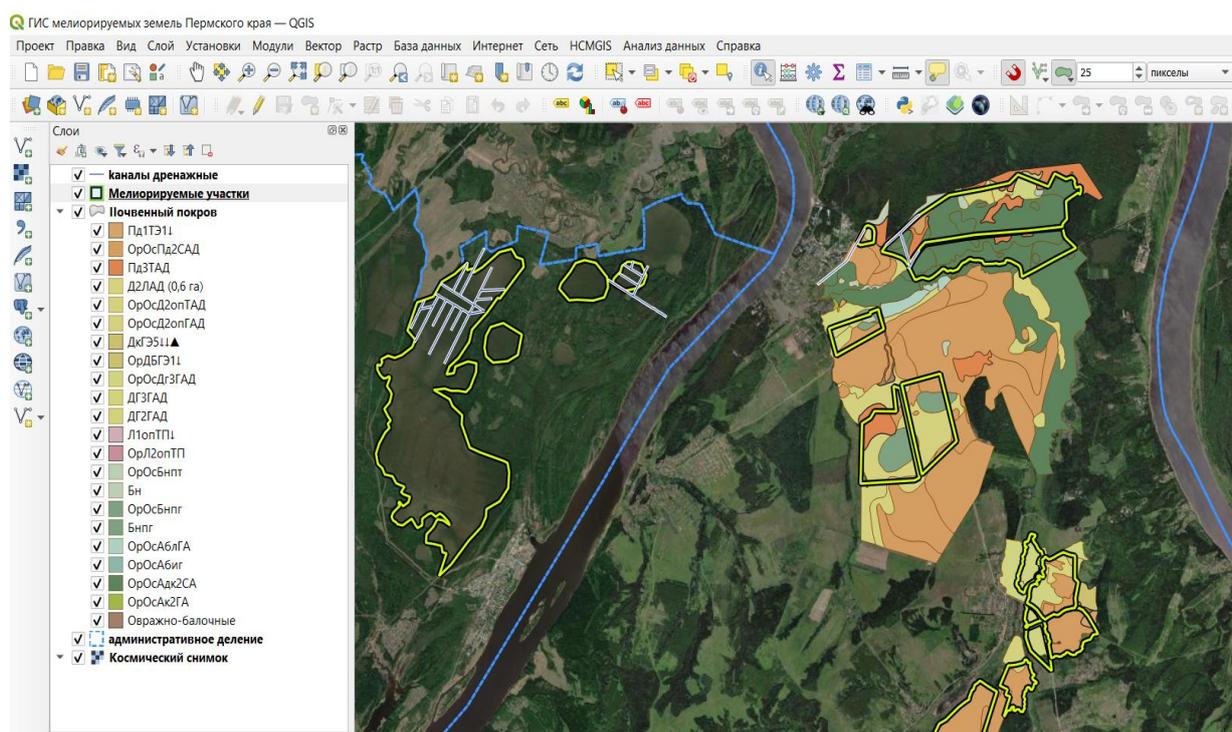


Рисунок 8. Внешний вид ГИС-проекта в среде разработки QGIS 3.22.11.

Для формирования открытой геоинформационной системы мелиорируемых земель Пермского края, из существующего ГИС-проекта создано веб-приложение. Главная страница сайта разработана на основе языка разметки html и css и интегрирована в границы отдельных районов Пермского края мелиорируемыми участками. Вид главной страницы, размещенный на GitHub представлен на рисунке 9. При нажатии на кнопку с названием района открывается вид карты в границах района (рис. 10).

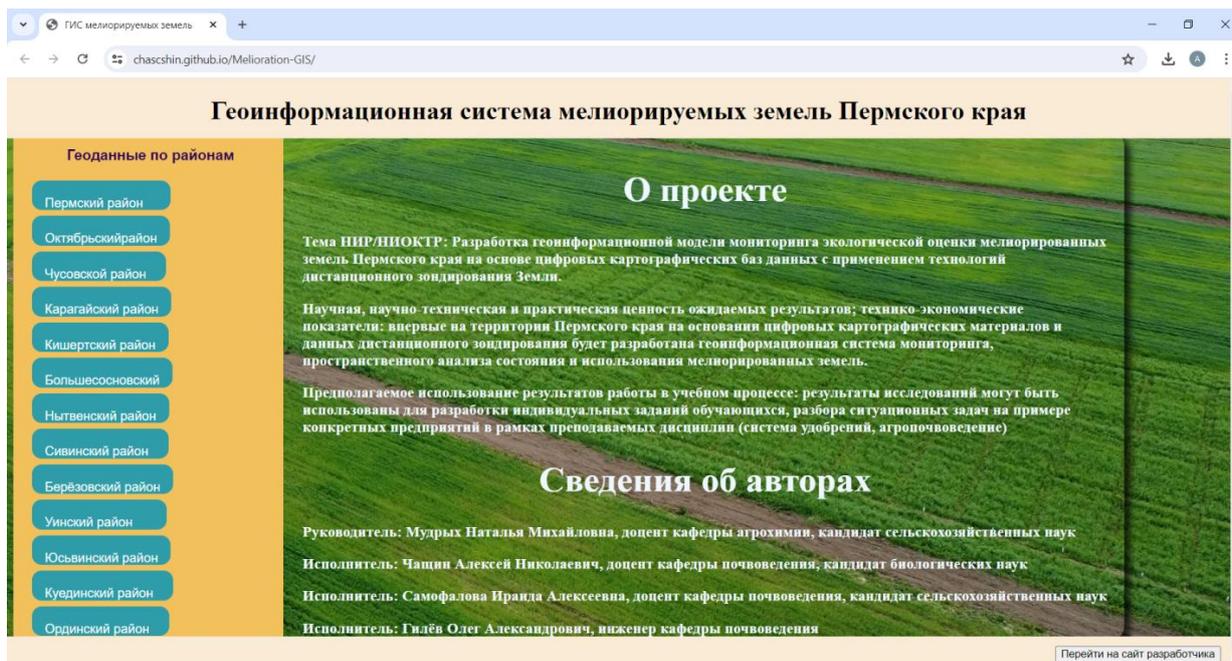


Рисунок 9. Внешний вид начальной страницы веб-ГИС.

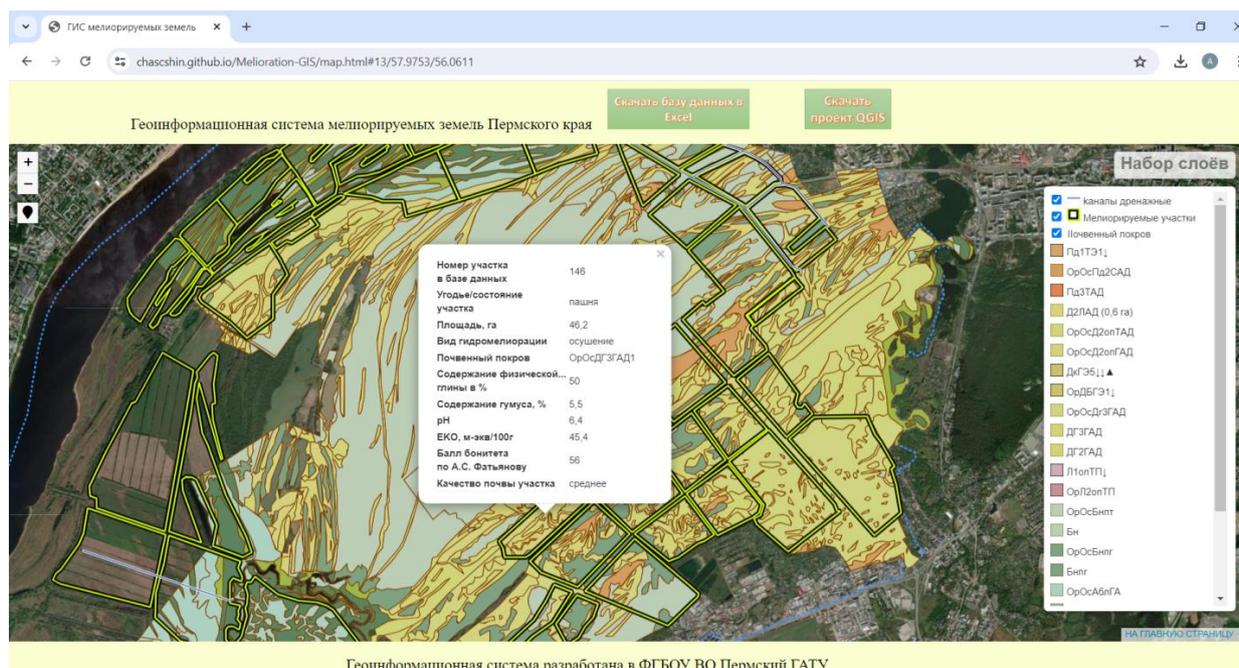


Рисунок 10. Внешний вид карты веб-ГИС на примере Пермского муниципального района.

Основным преимуществом веб-ГИС по сравнению с обычными файловыми картографическими базами данных (настольные ГИС) является возможность открытого доступа к ним. Для этого созданный картографический сайт размещают в сети интернет. Наиболее подходящей из бесплатных платформ при публикации геопространственных данных является GitHub. Открытый доступ к разработанной ГИС организован по адресу <https://chascshin.github.io/Melioration-GIS>.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Актуальное состояние почвенного покрова мелиорируемых земель определяется характером землепользования. Проанализировано современное использование мелиорируемых почв и сформирована геопространственная база данных и карта мелиорируемых земель Пермского края. Наибольшие площади мелиорируемых земель Пермского края расположены в Пермском муниципальном районе (6944 га), Октябрьском городском округе (1175 га) и Большесосновском

муниципальный округе (1169 га). Площадь неиспользуемых (заросших древесно-кустарниковой растительностью) мелиорированных земель составляет 3564 га. В результате векторизации мелиорируемых участков и заполнения атрибутов, характеризующих актуальное состояние, площадь, показатели плодородия и качества почв мелиорируемых земель (более 3000 га), сформирована геопространственная база данных. Из существующего ГИС-проекта создано клиентское веб-приложение. Размещение веб-приложения (хостинг) организовано на платформе GitHub, что существенно сокращает стоимость функционирования геоинформационного проекта.

Использование приложения доступно любому сельхозпроизводителю и позволяет в режиме реального времени получать информацию о плодородии почв, планировать рациональное использование земельных ресурсов агропредприятия на основе учета природных факторов, актуальных показателей плодородия почв и фактической вовлеченности земель в сельскохозяйственный оборот, что способствует устойчивому развитию земледелия на мелиорируемых землях Пермского края.

#### ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект № 122020900201-9).

#### ЛИТЕРАТУРА

Абдуллин Р.К., Пономарчук А.И. Технологии интернет-картографирования: учебное пособие. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2020. 132 с.

Белоусова А.П. Анализ использования пахотных земель по спутниковым снимкам landsat на примере Кунгурской лесостепи // Географический вестник. 2018. Том 47. № 4. С. 133–143. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2018-4-133-143>

Белоусова А.П., Чашин А.Н. Оценка интенсивности зарастания почв сельскохозяйственных угодий лесной растительностью по данным дистанционного зондирования // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2018. Том 28. № 3. С. 269–278.

Васильченко А.А. Опыт разработки локальной ГИС орошаемых земель Волго-Ахтубинской поймы на территории Волгоградской области // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2022. Том 28. № 2. С. 761–772. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-761-772>

Лэззат Қ., Ахметова Н.З. Внешний вид и доступность веб-карт в приложениях и на сайтах // European Research Materials. 2023. No. 2. Apr. 2023. <https://ojs.publisher.agency/index.php/ERM/article/view/1189>

Мудрых Н.М., Самофалова И.А., Чашин А.Н. Агроэкологическая оценка адаптивно-сельскохозяйственного потенциала осушенных и орошаемых почв // Агрохимический вестник. 2022а. № 6. С. 28–31. <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2022-6-005>

Мудрых Н.М., Самофалова И.А., Чашин А.Н. Агроэкологическая типизация земель мелиорируемой территории в Нечерноземной зоне // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2022б. Том 28. № 2. С. 935–946. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-935-946>

Постановление Правительства Российской Федерации от 14.05.2021 № 731 «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации». [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/H0r3EQe7gpGEJvEtfACIXtnJ4gt6Xpr2.pdf> (дата обращения 20.06.2022).

Савин И.Ю. Инвентаризация почв с использованием ГИС технологий // Почвоведение. 2003. № 10. С. 1189–1196.

Самофалова И.А. Системный анализ гранулометрического состава дерново-подзолистых почв // Актуальные проблемы аграрной науки в XXI веке: материалы международной научно-практической конференции. Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2014. С. 97–100.

Самофалова И.А., Каменских Н.Ю., Кайгородов А.Т. Современное состояние земельных ресурсов в Пермском крае // Пермский аграрный вестник: сборник научных трудов LXVII Всероссийской научно-практической конференции. Пермь: ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2008. Часть 1. С. 117–122.

Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Н. Шихов, А.П. Герасимов, А.И. Пономарчук, Е.С. Перминова; Пермский государственный национальный исследовательский университет. Электронные данные. Пермь, 2020. 191 с. 49,6 Мб. URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/shikhov->

[gerasimov-ponomarchukperminova-tematicheskoe-deshifrovanie-i-interpretaciyakosmicheskikh-snimkov.pdf](#) (дата обращения 25.01.2024).

Шевченко В.А., Лытов М.Н. Стратегии возобновления использования ранее выведенных из оборота мелиорированных земель // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. Том 64. № 4. С. 283–296. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2021-04-30>

Щедрин В.Н. Стратегия научно-технического обеспечения развития мелиорации земель в России на период до 2030 г. // Мелиорация и водное хозяйство. 2017. №. 4. С. 7–10.

Щербина Т.А. Цифровая трансформация сельского хозяйства РФ: опыт и перспективы // Россия: тенденции и перспективы развития. Статья в сборнике трудов конференции. 2019. Выпуск 14. Часть 1. С. 450–453.

Arote A.B., Pawar S.V., Joshi S.R. Mapping of Soil Properties Using Geographical Information System (25 February 2022). Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Contents, Computing & Communication (ICCC-2022), Available at SSRN. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4043373>

Поступила в редакцию 29.07.2023

Принята 28.10.2023

Опубликована 28.10.2023

### Сведения об авторах:

**Чашин Алексей Николаевич** – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова» (г. Пермь, Россия); [chascshin@mail.ru](mailto:chascshin@mail.ru)

**Самофалова Ираида Алексеевна** – доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова» (г. Пермь, Россия); [samofalovairaida@mail.ru](mailto:samofalovairaida@mail.ru)

**Мудрых Наталья Михайловна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова» (г. Пермь, Россия); [nata020880@hotmail.com](mailto:nata020880@hotmail.com)

**Гилёв Олег Александрович** – инженер кафедры агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова» (г. Пермь, Россия); [oleg.gilev49@gmail.com](mailto:oleg.gilev49@gmail.com)

**Гилев Виталий Юрьевич** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова» (г. Пермь, Россия); [pochva2005@ya.ru](mailto:pochva2005@ya.ru)

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## Geoinformation system of reclaimed lands of the Perm territory

© 2024 A. N. Chashchin , I. A. Samofalova , N. M. Mudrykh , O. A. Gilev, V. Yu. Gilev 

Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov, Petropavlovskaya 23, Perm, Russia. E-mail: [chascshin@mail.ru](mailto:chascshin@mail.ru)

**The aim of the study** was to analyze and inventory the reclaimed lands of the Perm territory, summarizing the results in the form of Web-GIS.

**Location and time of the study.** The work was carried out in 2022-2023 on reclaimed lands within the administrative boundaries of the Perm territory.

**Methods.** An integrated approach was implemented using geoinformation and web mapping. The geoinformation system of reclaimed lands was developed on the basis of large-scale soil maps (scale 1: 10,000). We used remote sensing data, which include Landsat medium-resolution space images for 1985-1990, Sentinel 2 for 2020-2021 and ESRI World Imagery ultra-high-resolution coverage images, as well as OpenStreetMap vector spatial data. The GIS project was developed and filled with information in QGIS 3.22.12. The development of the client web application using Leaflet interfaces was implemented using the QGIS2Web module and the universal code editor Brackets. The development of the main page of the site was based on HTML and CSS markup technologies. The web application was hosted on the GitHub platform. The study was

conducted in several steps: a) determination of scanned large-scale soil maps in the Pulkovo 1942/Gauss-Kruger zone 10 projection coordinate system and subsequent vectorization of reclaimed areas within the boundaries of reclaimed soils (based on georeferenced maps) based on remote sensing data using multi-temporal space images in the synthesis of SWIR-NIR-RED channels; b) assessment of the degree of overgrowing of unused reclaimed areas based on multi-temporal satellite images obtained in the winter using the ISODATA unsupervised classification method; and c) vectorization of drainage reclamation areas based on spatial analysis of vector and remote sensing data.

**Results.** Geoinformation rasters of soil maps of reclaimed lands were developed. In the Perm territory, there are reclaimed lands (drained and irrigated) in 16 municipal districts. Many (177) reclaimed areas were vectorized, and their current condition established. Drained areas were found to predominate. The largest areas (more than 1000 hectares) of reclaimed lands (drained) were in Permsky, Oktyabrsky, Bolshesosnovsky, Nytvinsky, Kuedinsky, Kishertsky municipal districts. The degree of vegetation restoration on the abandoned reclaimed areas was assessed. A technological scheme of the website, attribute database and a GIS project structure were developed. A geoinformation system for spatial analysis of the state and use of reclaimed lands was developed as the Web-GIS service "Geoinformation system of reclaimed lands in Perm territory".

**Conclusions.** The current status of the reclaimed lands soil cover is determined by land use. The analysis of the current use of reclaimed soils resulted in the development of a geospatial database and a map of reclaimed lands in Perm territory. It was found that the largest areas of reclaimed land in the region are located in the Perm (6944 hectares), Oktyabrsky (1175 hectares) and Bolshesosnovsky (1169 hectares) municipal districts. The area of the reclaimed lands that were unused and overgrown with trees and shrubs was estimated as 3564 hectares. From the existing GIS project, a client Web application "Geoinformation system of reclaimed lands of Perm Krai" was developed and hosted on the GitHub platform, thus reducing the cost of the geoinformation project. The application is available to any agricultural producer and allows real-time access to information on soil fertility, planning the rational use of agricultural land resources, all these contributing to the sustainable development of agriculture on reclaimed lands in the Perm territory.

**Key words:** soil map; Web mapping; reclaimed lands; vectorization; geospatial database; hosting; thematic layers.

**How to cite:** Chashchin A. N., Samofalova I. A., Mudrykh N. M., Gilev O. A., Gilev V. Yu. Geoinformation system of reclaimed lands of the Perm territory // *The Journal of Soils and Environment*. 2024. 7(4). e277. DOI: [10.31251/pos.v7i4.277](https://doi.org/10.31251/pos.v7i4.277) (in Russian with English abstract).

#### FUNDING

The study was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (project No. 122020900201-9).

#### REFERENCES

- Abdullin R.K., Ponomarchuk A.I. Internet mapping technologies: a tutorial. Perm: Perm State National Research University, 2020. 132 p. (in Russian).
- Belousova A.P. The analysis of the use of agricultural lands based on Landsat images on the example of Kungur forest-steppe. *Geographical Bulletin*. 2018. Vol. 47. No. 4. P. 133–143. (in Russian). <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2018-4-133-143>
- Belousova A.P., Chashchin A.N. Assessment of the intensity of agricultural land soils overgrowing by forest vegetation according to remote sensing data. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*. 2018. Vol. 28. No. 3. P. 269–278. (in Russian).
- Vasilchenko A.A. Experience of developing a local GIS for irrigated land of the Volga-Akhtuba floodplain in the territory of the Volgograd region. *InterCarto. InterGIS*. 2022. Vol. 28. No. 2. P. 761–772. (in Russian). <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-761-772>
- Lezzat K., Akhmetova N.Z. Appearance and accessibility of web maps in applications and on websites. *European Research Materials*. 2023. No. 2. Apr. 2023. (in Russian). <https://ojs.publisher.agency/index.php/ERM/article/view/1189>
- Mudrykh N.M., Samofalova I.A., Chashchin A.N. Agroecological assessment of the adaptive agricultural potential of drained and irrigated soils. *Agrochemical Herald*. 2022a. No. 6. P. 28–31. (in Russian). <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2022-6-005>
- Mudrykh N.M., Samofalova I.A., Chashchin A.N. Agroecological typing of lands in the reclaimed territory in the Non-chernozem zone. *InterCarto. InterGIS*. 2022. Vol. 28. No. 2. P. 935–946. (in Russian). <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-935-946>

Resolution of the Government of the Russian Federation of 14.05.2021 No. 731 "On the State Program for the Effective Involvement of Agricultural Lands into Circulation and the Development of the Land Reclamation Complex of the Russian Federation". [Electronic resource]. URL: <http://static.government.ru/media/files/H0r3EQe7gpGEJvEtfAClXtnJ4gt6Xpr2.pdf> (accessed on 20.06.2022). (in Russian).

Savin I.Yu. Soil inventory with the use of Gis technologies. Eurasian Soil Science. 2003. Vol. 36. No. 10. P. 1057–1064.

Samofalova I.A. System analysis of granulometric composition of sod-podzolic soils. In book: Actual Problems of Agricultural Science in the 21st century: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference. Perm: IPC "Prokrost", 2014. P. 97–100. (in Russian).

Samofalova I.A., Kamenskikh N.Yu., Kaigorodov A.T. Current state of land resources in the Perm region. In book: Perm Agrarian Bulletin: Collection of Scientific Proceedings of the LXVII All-Russian Scientific and Practical Conference. Perm: Perm State Agricultural Academy, 2008. Part. 1. P. 117–122. (in Russian).

Thematic interpretation and interpretation of medium and high spatial resolution space images [Electronic resource]: a tutorial / A.N. Shikhov, A.P. Gerasimov, A.I. Ponomarchuk, E.S. Perminova; Perm State National Research University. Electronic data. Perm, 2020. 191 p. 49,6 Mb. URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/shikhov-gerasimov-ponomarchukperminova-tematicheskoe-deshifrovanie-i-interpretaciyakosmicheskikh-snimkov.pdf> (accessed on 25.01.2024). (in Russian).

Shevchenko V.A., Lytov M.N. Strategies for restoring reclaimed lands previously removed from circulation. Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education. 2021. Vol. 64. No. 4. P. 283–296. (in Russian). <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2021-04-30>

Shchedrin V.N. The strategy of scientific and technical support for the development of land reclamation in Russia for the period up to 2030. Melioration and Water Management. 2017. No. 4. P. 7–10. (in Russian).

Shcherbina T.A. Digital transformation of agriculture in the Russian Federation: experience and prospects. Russia: Trends and Development Prospects. Article in the Proceedings of the Conference. 2019. Vol. 14. Part 1. P. 450–453. (in Russian).

Arote A.B., Pawar S.V., Joshi S.R. Mapping of Soil Properties Using Geographical Information System (25 February 2022). Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Contents, Computing & Communication (ICCC-2022), Available at SSRN. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4043373>

#### About the authors:

**Aleksey N. Chashchin** – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Soil Science in the Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov (Perm, Russia); [chascshin@mail.ru](mailto:chascshin@mail.ru)

**Iraida A. Samofalova** – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Agrochemistry and Soil Science in the Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov (Perm, Russia); [samofalovairaida@mail.ru](mailto:samofalovairaida@mail.ru)

**Natalya M. Mudrykh** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Soil Science in the Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov (Perm, Russia); [nata020880@hotmail.com](mailto:nata020880@hotmail.com)

**Oleg A. Gilev** – Engineer of the Department of Agrochemistry and Soil Science in the Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov (Perm, Russia); [oleg.gilev49@gmail.com](mailto:oleg.gilev49@gmail.com)

**Vitaly Yu. Gilev** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Soil Science in the Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov (Perm, Russia); [pochva2005@ya.ru](mailto:pochva2005@ya.ru)

*The authors read and approved the final manuscript*



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)