

Н.М. Мудрых¹, И.А. Самофалова², А.Н. Чащин³

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ МЕЛИОРИРУЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ В НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЕ

АННОТАЦИЯ

Вовлечение в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых и малопродуктивных земель и формирование рациональной структуры земельных угодий возможно только при создании условий, необходимых для роста и развития культур. Последнее не осуществимо без проведения мелиорации земель, которая применяется в целях повышения продуктивности и устойчивости земледелия, обеспечения гарантированного производства сельскохозяйственной продукции на основе сохранения и повышения плодородия земель. Цель исследований – выполнить агроэкологическую типизацию земель мелиорируемой территории. Объектом исследований является территория Кондратовского сельского поселения, расположенная в Пермском муниципальном районе Пермского края. Сельскохозяйственное землепользование имеет важное значение в обеспечении населения края овощной продукцией. Общая площадь исследований составила 5815,6 га, в том числе мелиорируемых – 2682,79 га. Участок включает в себя 43 поля, площадь которых составила 2173,1 га. Для почвенного картографирования использована крупномасштабная почвенная карта в масштабе 1:10000 совхоза «Верхнемулинский». На основе растровой почвенной карты выделено 1010 почвенных картографических единиц. Определены болотные низинные, аллювиальные болотные, дерново-глеевые, дерновые оподзоленные почвы, а также их мелиорируемые аналоги. По гранулометрическому составу преобладают тяжелые почвы (глинистые и тяжелосуглинистые). Проведена агроэкологическая типизация земель мелиорируемой территории Кондратовского сельского поселения. В основе агроэкологической типизации лежат пространственные данные, характеризующие рельеф поймы, почвенный покров и современные границы сельскохозяйственного использования территории. Агроэкологическая группировка почв выполнена при помощи функции ГИС-анализа «Агрегирование». На мелиорируемой территории выделена одна агроэкологическая группа – пойменная. Определено два агроэкологических типа земель: 1) элементарные почвенные ареалы и пятнистости аллювиально-луговых и аллювиально-дерновых почв; 2) комплексы аллювиально-луговых и аллювиально-болотных и болотных низинных почв. Установлены ограничивающие факторы и особенности использования указанных типов земель. Для доведения результатов исследований до администраций сельского поселения Пермского района и землепользователей разработано Веб-ГИС приложение, доступ к которому организован через платформу GitHub.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геоинформационное картографирование, аллювиальные почвы, болотные почвы, дерновые почвы, агроэкологические типы земель, агроландшафты

¹ Пермский государственный аграрно-технологический университет им. акад. Д.Н. Прянишникова, ул. Петропавловская, д. 23, 614990, Пермь, Россия; *e-mail*: nata020880@hotmail.com

² Пермский государственный аграрно-технологический университет им. акад. Д.Н. Прянишникова, ул. Петропавловская, д. 23, 614990, Пермь, Россия; *e-mail*: samofalovairaida@mail.ru

³ Пермский государственный аграрно-технологический университет им. акад. Д.Н. Прянишникова, ул. Петропавловская, д. 23, 614990, Пермь, Россия; *e-mail*: chascshin@mail.ru

Natalia M. Mudrykh¹, Iraida A. Samofalova², Aleksey N. Chashchin³

AGROECOLOGICAL TYPING OF LANDS IN THE RECLAIMED TERRITORY IN THE NON-CHERNOZEM ZONE

ABSTRACT

Involvement in agricultural circulation of unused and unproductive lands and the formation of a rational structure of land is possible only if the conditions necessary for the growth and development of crops are created. The latter is impossible without land reclamation, which is carried out in order to increase the productivity and sustainability of agriculture, ensure guaranteed agricultural production based on the conservation and increase of land fertility. The purpose of the research is to carry out agroecological typification of the lands of the reclaimed area. The object of research is the territory of the Kondratovsky rural settlement, located in the Perm municipal District of the Perm Krai. Agricultural land use is of great importance in providing the region's population with vegetable products. The total research area was 5815.6 ha, including 2682.79 ha of reclaimed land. The site includes 43 fields, the area of which was 2173.1 ha. For soil mapping, a large-scale soil map on a scale of 1: 10,000 of the Verkhnemulinsky state farm was used. Based on the raster soil map, 1010 soil cartographic units were identified. Marsh lowland, alluvial marsh, soddy-gley, soddy podzolized soils, as well as their reclaimed analogues, were distinguished. According to the granulometric composition, heavy soils (clay and heavy loamy) predominate. An agroecological typification of the lands of the reclaimed territory of the Kondratovsky rural settlement was carried out. Agroecological typification is based on spatial data characterizing the relief of the floodplain, the soil cover and the current boundaries of the agricultural use of the territory. The agroecological grouping of soils was performed using the Aggregation GIS-analysis function. On the reclaimed territory, one agroecological group has been identified – floodplain. Two agroecological land types have been identified: 1) elementary soil areas and patchiness of alluvial-meadow and alluvial-soddy soils; 2) complexes of alluvial-meadow and alluvial-marsh and marsh lowland soils. The limiting factors and features of the use of these types of land have been established. To bring the research results to the administrations of a rural settlement, the Perm regions and land users, a Web-GIS application has been developed, access to which is organized through the GitHub platform.

KEYWORDS: geoinformation mapping, alluvial soils, marsh soils, soddy soils, agroecological land types, agrolandscapes

ВВЕДЕНИЕ

Переувлажнение и заболачивание сельскохозяйственных угодий на значительной части территории Нечерноземной зоны России является одним из сдерживающих развитие сельскохозяйственного производства природных факторов. Нормированное понижение уровня грунтовых вод в корнеобитаемом слое почвы и поддержание в нем оптимального водно-воздушного режима этих территорий достигается путем осушения заболоченных и

¹ Perm State Agro-Technological University named after academician D.N. Pryanishnikov, Petropavlovskaya str., 23, 614990, Perm, Russia; *e-mail*: nata020880@hotmail.com

² Perm State Agro-Technological University named after academician D.N. Pryanishnikov, Petropavlovskaya str., 23, 614990, Perm, Russia; *e-mail*: samofalovairaida@mail.ru

³ Perm State Agro-Technological University named after academician D.N. Pryanishnikov, Petropavlovskaya str., 23, 614990, Perm, Russia; *e-mail*: chascshin@mail.ru

переувлажненных почв. Данный вид мелиорации является основным и организует направление культуртехнических, химических и биологических мелиораций, определяя сельскохозяйственное производство в целом [Калиничева, 2017; Разумова и др., 2018].

Недостаток земель, пригодных для интенсивного сельскохозяйственного использования, ставит задачу проведения мелиорации сельскохозяйственных земель. Площадь обрабатываемых сельскохозяйственных земель в мире за последние 25 лет сократилась с 0,36 до 0,27 гектара на человека, на территории бывшего СССР – с 0,89 до 0,79 га/чел. В странах ЕЭС сейчас на 1 человека приходится около 0,2 га. При этом доля мелиорированных земель в мире составляет 18 % площади пашни, и эти земли дают около 50 % продукции. В России такие земли составляют 6,2 % пашни, но они дают только около трети всей продукции. На таких землях получают весь рис, 70 % овощей, 25 % кормов, 20 % зерна кукурузы. В Нечерноземной зоне мелиорировано около 9 % пахотных земель, с них получают 15 % продукции растениеводства, в том числе 70 % овощей, 25 % кормов [Клюкин, 2017; Исаева, 2019].

Проведение широкомасштабных мелиоративных работ в России позволило увеличить площадь осушаемых земель до 5,1 млн га [Ковалев, 2016]. Использование осушаемых земель в сельском хозяйстве осуществляется в основном по экстенсивным системам, без учета ландшафтно-мелиоративных особенностей различных типов агроландшафтов, и агротехнологиям с малым вложением энергии в производство (низкая насыщенность удобрениями, химмелиорантами, средствами защиты).

Основной проблемой и спецификой осушаемых почв является ландшафтная особенность, сложность и контрастность почвенного покрова, которая определяет их использование. Под воздействием рельефа, плохой дренированности территории, различных типов водного питания и других факторов формируется неоднородный почвенный покров по водно-физическим, гидрологическим характеристикам, степени гидроморфизма, а также уровню потенциального и эффективного плодородия. На уровне микроландшафтов почвенно-гидрологическая пестрота после осушения, как правило, сохраняется в остаточной форме.

Современный этап развития исследуемых территорий связан с переходом к адаптивно-ландшафтным системам земледелия, распространению технологий точного земледелия. В.И. Кирюшиным разработана агроэкологическая типология земель, обусловленная требованиями адаптивно-ландшафтной системы земледелия (АЛСЗ), которые определяются важнейшим системообразующим началом – агроэкологическими потребностями растений и их средообразующим влиянием. Поэтому в основу типологии положен вслед за Л.Г. Раменским агроэкологический тип земель, т.е. территория, однородная по условиям возделывания культур. АЛСЗ формируются при условии выделения генетически однотипных территорий методом типизации, базирующейся на принципах физико-географического и ландшафтного районирования [Кирюшин, 2011; Самофалова, 2013]. Инструментом реализации адаптивной интенсификации земледелия на осушаемых землях являются АЛСЗ и агротехнологии возделывания основных сельскохозяйственных культур. При совершенствовании системы земледелия необходимо учитывать неоднородность почвенных условий. Для такого учета используются материалы почвенного обследования и характеристики особенностей почвенного покрова.

Проектирование АЛСЗ посредством почвенно-ландшафтного картографирования начинают с идентификации агроэкологических групп и видов земель, т.е. элементарных ареалов агроландшафтов (ЭАА). Последняя процедура выполняется путем сопоставления агроэкологических параметров культур с такими же параметрами земель. Близкие по экологическим условиям ЭАА объединяются в типы земель. Основой для внедрения агро-

технологий разного уровня является агроэкологическая оценка почв и типизация земель [Кирюшин, 1996]. Такие работы очень актуальны для условий Пермского края.

Цель исследований – выполнить агроэкологическую типизацию земель мелиорируемой территории.

Задачи исследований:

1. Дать оценку почвенного покрова исследуемой территории.
2. Провести обследование осушенных пойменных почв.
3. Выполнить агроэкологическую типизацию земель мелиорируемой территории.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проведения исследований выбрана территория Кондратовского сельского поселения, которая расположена у западных границ г. Пермь в пойме реки Кама в Пермском муниципальном районе (рис. 1).

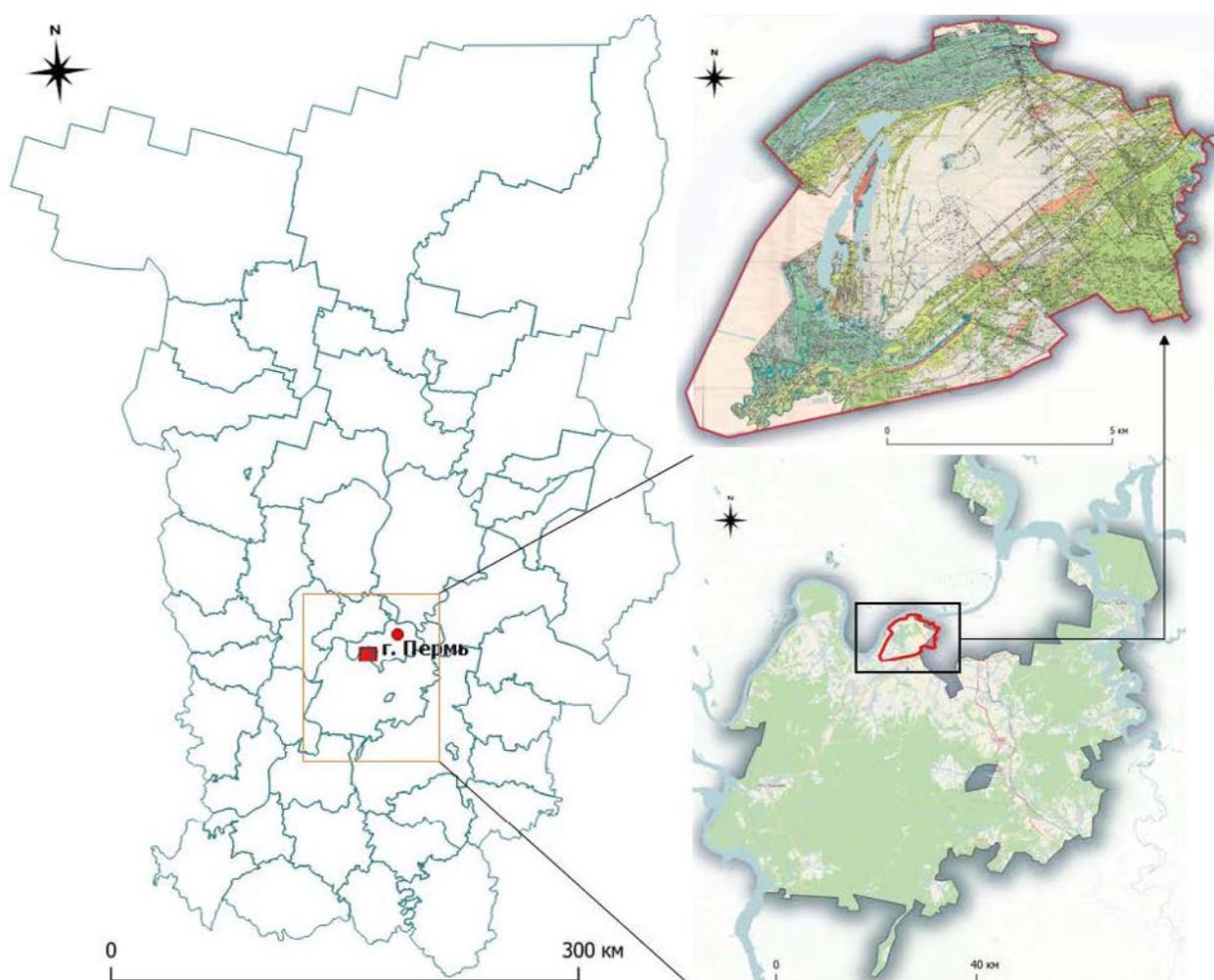


Рис. 1. Местоположение объекта исследований на территории Пермского края

Fig. 1. Location of the research object in Perm Territory

Одной из специализаций предприятия «N» является растениеводческая. Естественный почвенный покров представлен в основном полугидроморфными и гидроморфными почвами. В связи с этим значительная часть поймы реки Камы была осушена 40 лет назад для выращивания овощных культур, наиболее требовательных к почвенному плодородию.

Сельскохозяйственное землепользование Кондратовского сельского поселения имеет важное значение в обеспечении овощной продукцией города-миллионника, что обуславливает актуальность выполненной работы.

Общая площадь участка, для которого была проведена агроэкологическая типизация, составила 5815,6 га или 86 % от всей территории Кондратовского сельского поселения. В основе агроэкологической типизации лежат пространственные данные, характеризующие почвенный покров и современные границы сельскохозяйственного использования территории, которые достоверно установлены по данным дистанционного зондирования.

Исходными пространственными данными для выполнения агроэкологической типизации явились крупномасштабная почвенная карта в масштабе 1:10000 совхоза «Верхнемулинский» [Почвы..., 1988] и данные дистанционного зондирования Sentinel-2. Границы полей выделяли по снимкам Sentinel-2, полученным в апреле–мае 2019, 2020 и 2021 гг. в синтезе каналов RED-NIR-BLUE. Карта типов земель составлена на основе данных агроэкологического обследования.

Оформление картографических материалов и пространственный анализ выполнены в геоинформационной системе QGIS. Для создания клиентской части Веб-ГИС приложения использовали технологии интернет-картографирования [Абдуллин, 2020].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основе растровой почвенной карты был создан векторный слой почвенных контуров, который является основой агроэкологической типизации земель. Общее число почвенных картографических единиц составляет 1010. Общая площадь мелиорируемых почв составила 2682,79 га (рис. 2).

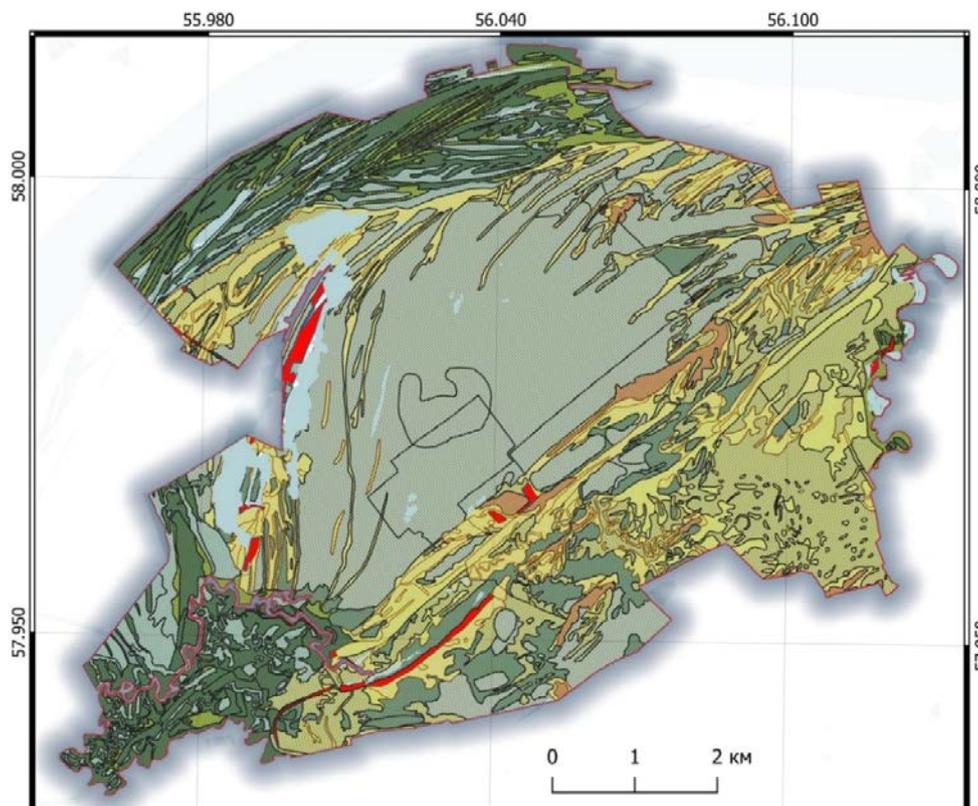


Рис. 2. Почвенная карта Кондратовского сельского поселения

Fig. 2. Soil map of the Kondratovsky rural settlement

Табл. 1. Экспликация к почвенной карте Кондратовского сельского поселения
Table 1. Explication to the soil map of the Kondratovsky rural settlement

Индекс	Название почвы	Гранулометрический состав	Площадь	
			га	%
П ₂ УАД	Дерново-мелкоподзолистая	Супесчаная	1,5	0,0
П ₂ САД	Дерново-мелкоподзолистая	Среднесуглинистая	17,9	0,3
Д ₂ ЛАД	Дерновая	Легкосуглинистая	0,6	0,0
Д ₂ ^{оп} ТАД	Дерновая оподзоленная среднегумусная	Тяжелосуглинистая	59,0	1,1
Д ₂ ^{опII} ТАД	Дерновая оподзоленная среднегумусная среднемощная	Тяжелосуглинистая	63,3	1,2
Д ₂ ^{оп} САД	Дерновая оподзоленная среднегумусная	Среднесуглинистая	24,3	0,4
Д ₂ ^{опIII} ЛАД	Дерновая оподзоленная среднегумусная среднемощная	Легкосуглинистая	14,3	0,3
Д ₃ САД	Дерновая многогумусная	Среднесуглинистая	0,41	0,0
Дг ₃ ГАД	Дерново-глеватая многогумусная	Глинистая	21,7	0,4
Дг ₃ ^{II} ГАД	Дерново-глеватая многогумусная среднемощная	Глинистая	2,3	0,0
ДГ ₃ ГАД	Дерново-глеватая многогумусная	Глинистая	690,4	12,7
ДГ ₃ ^{II} ГАД	Дерново-глеватая многогумусная среднемощная	Глинистая	2,3	0,0
ДГ ₃ ГАД	Дерново-глеватая среднегумусная	Глинистая	1,5	0,0
Бн ^{III}	Болотная низинная перегнойно-торфяная маломощная		89,9	1,7
Бн ^{III}	Болотная низинная перегнойно-торфяная среднемощная		1080,8	20,0
Бн	Болотная низинная		4,9	0,1
Бн ^{II}	Болотная низинная перегнойно-глеватая		97,1	1,8
Бн ^{III}	Болотная низинная перегнойно-торфяно-глеватая		25,3	0,5
АблГА	Аллювиальная болотная	Глинистая	194,7	3,6
АблТА	Аллювиальная болотная	Тяжелосуглинистая	6,7	0,1
Аб ^{III}	Аллювиальная болотная иловато-перегнойно-торфяная среднемощная		40,3	0,7
Аб ^{II}	Аллювиальная болотная среднемощная		10,5	0,2
Аб	Аллювиальная болотная		17,7	0,3
Аб ^{II}	Аллювиальная болотная иловато-глеватая		29,0	0,5
Ад ^k ₁ ТА	Аллювиальная дерновая кислая малогумусная	Тяжелосуглинистая	50,3	0,9
Ад ^k ₁ ^{II} ТА	Аллювиальная дерновая кислая малогумусная	Тяжелосуглинистая	45,0	0,8
Ад ^k ₂ ^{II} ТА	Аллювиальная дерновая кислая среднегумусная среднемощная	Тяжелосуглинистая	28,5	0,5
Ад ^k ₂ ЛА	Аллювиальная дерновая кислая среднегумусная	Легкосуглинистая	4,4	0,1
Ад ^k ₂ СА	Аллювиальная дерновая кислая среднегумусная	Среднесуглинистая	7,7	0,1
Ад ^k ₂ ГА	Аллювиальная дерновая кислая среднегумусная	Глинистая	24,0	0,4
Ад ^k ₂ ^{II} ТА	Аллювиальная дерновая кислая среднегумусная среднемощная	Глинистая	1,0	0,0
Ад ^k ₃ ГА	Аллювиальная дерновая кислая многогумусная	Глинистая	8,1	0,1
А ^k ₂ ТА	Аллювиальная луговая кислая среднегумусная	Тяжелосуглинистая	3,6	0,1
А ^k ₂ ^{II} ТА	Аллювиальная луговая кислая среднегумусная среднемощная	Тяжелосуглинистая	28,5	0,5
А ^k ₂ ГА	Аллювиальная луговая кислая среднегумусная	Глинистая	24,0	0,4
А ^k ₃ ГА	Аллювиальная луговая кислая многогумусная	Глинистая	3,7	0,1
А ^k ₂ ^{II} ТА	Аллювиальная луговая кислая среднегумусная среднемощная	Глинистая	8,8	0,2
	Мелиорируемые почвы (орошаемые и осушенные)		2682,8	49,5
Перекрытые земли			5416,8	100

Земельные участки Кондратовского сельского поселения расположены в центральной части поймы р. Кама. Почвенный покров территории представлен болотными низинными, аллювиальными болотными, дерново-глееватыми, дерново-глеевыми, дерновыми оподзоленными почвами, а также их мелиорируемыми аналогами. Их развитие обусловлено локальным действием временного или постоянного избыточного увлажнения, пойменными процессами. Из них преобладающими являются болотные низинные. Структура почвенного покрова представлена пятнистостями и комплексами, характеризуется большой пестротой и мелкоконтурностью ареалов. Почвы, подверженные водной эрозии, на обследуемой территории отсутствуют.

Актуальное состояние почвенного покрова определяется характером землепользования. С этой целью на основе открытых пространственных данных – разновременных космических снимков Sentinel-2 – проанализировано современное использование мелиорируемых почв и установлены актуальные границы обрабатываемых полей. Это позволило достоверно отделить обрабатываемые земли от сенокосов и лесопокрытых территорий. Карта сельскохозяйственного использования почв на подложке снимка Sentinel-2 (синтезе каналов RED-NIR-BLUE) от 05 мая 2021 г. представлена на рисунке 3. Всего было векторизовано 43 поля. Их общая площадь составила 2173,1 га или 41 % от всей территории.

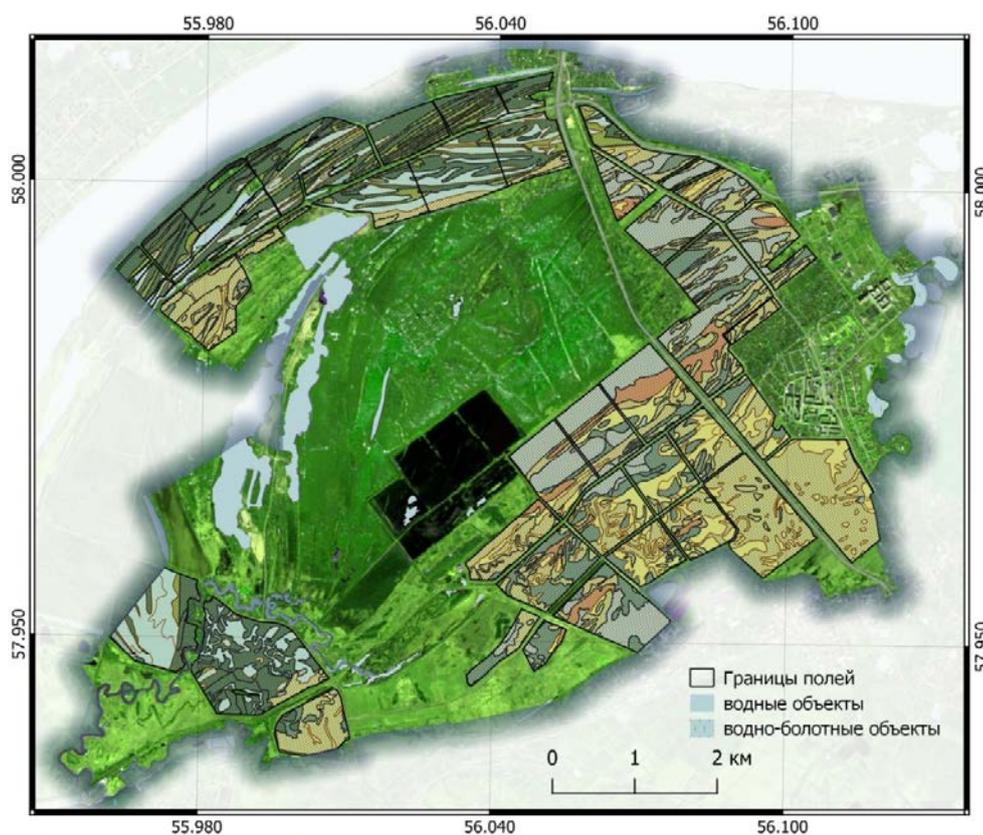


Рис. 3. Карта использования мелиорируемых почв

Fig. 3. Map of the use of reclaimed soils

В результате совмещения границ полей с векторной почвенной картой, установлено, что в основном в сельскохозяйственном производстве используются мелиорируемые почвы, а из них наибольшие площади занимают осушенные болотные низинные.

Для выявления внутренних свойств осушенных пойменных почв было проведено полевое обследование поймы с заложением почвенных разрезов на разных ее участках: в прирусловой части поймы на аллювиальных дерновых и аллювиальных луговых почвах, в центральной части поймы на различных ее элементах, на аллювиальных болотных и болотных низинных почвах. Почвы характеризуются большей частью тяжелым гранулометрическим составом (глинистым и тяжелосуглинистым). Пестрота почвенного покрова определяется проявлением форм микрорельефа (микрорельефа, блюдцеобразные понижения, в некоторых случаях – невысокие кочки). На поверхности почв болотного ряда отмечается образование глубоких трещин, распыление верхнего горизонта. Отмечено стадийное преобразование и сработка торфяной почвы. В ходе обследования выявлено, что почвы болотные низинные, торфяные, дерново-глеевые и глееватые, аллювиальные болотные, аллювиальные луговые не имеют горизонтов или водоупоров для скопления воды в профиле почв в пределах 1,30–1,50 м от поверхности. Несмотря на отсутствие водоносных горизонтов, в профиле обследуемых почв были обнаружены признаки почвенного гидроморфизма. Пахотные, и особенно подпахотные горизонты, очень плотные. Таким образом, осушение и интенсивность использования, длительность эксплуатации почв привела к антропогенной деградации торфяных почв.

Определены лимитирующие факторы: тяжелый гранулометрический состав, возможное заболачивание, деградация агрофизических свойств, низкая обеспеченность азотом. В связи с этим, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и экологически безопасных агротехнологий в овощеводстве является важной задачей.

На территории земельного массива мелиорируемых земель Кондратовского сельского поселения агроэкологическая группа земель определена как пойменная, внутри которой выделены два агроэкологических типа земель (табл. 2).

Табл. 2. Характеристика агроэкологических типов земель пойменной агроэкологической группы Кондратовского сельского поселения

Table 2. Characteristics of agroecological types of lands of the floodplain agroecological group of the Kondratovsky rural settlement

Агроэкологические типы земель	Гранулометрический состав почв и почвообразующая порода	Рельеф и микрорельеф	Ограничивающие факторы	Категория земель по способу преодоления ограничивающих факторов	Особенности использования
Элементарные почвенные ареалы (ЭПА) и пятнистости аллювиально-луговых и аллювиально-дерновых почв	Тяжелосуглинистые и глинистые на аллювиальных отложениях	Пойма, небольшие блюдцеобразные и вытянутые вдоль русла реки, понижения	Неоднородность микрорельефа и условий увлажнения, периодическое затопление	III-2	Сенокосное использование при проведении культуртехнических мероприятий
Комплексы аллювиально-луговых и аллювиально-болотных и болотных низинных почв	Глинистые и тяжелосуглинистые на аллювиальных отложениях	Часть центральной поймы и притеррасная часть	Неоднородность микрорельефа и условий увлажнения, наличие сильно переувлажненных почв, периодическое затопление	V	Сенокосное использование, овощные севообороты при проведении культуртехнических мероприятий

Агроэкологическая группировка почв выполнена при помощи функции ГИС-анализа «Агрегирование». Результирующий слой – агроэкологические группы – это объединенные почвы в сходные по условиям использования массивы. Атрибутивная таблица полученного слоя содержит информацию о входящих в каждую агроэкологическую группу почвах и площади каждой из групп (рис. 4). Преобладающей на территории Кондратовского сельского поселения является гидроморфная группа.

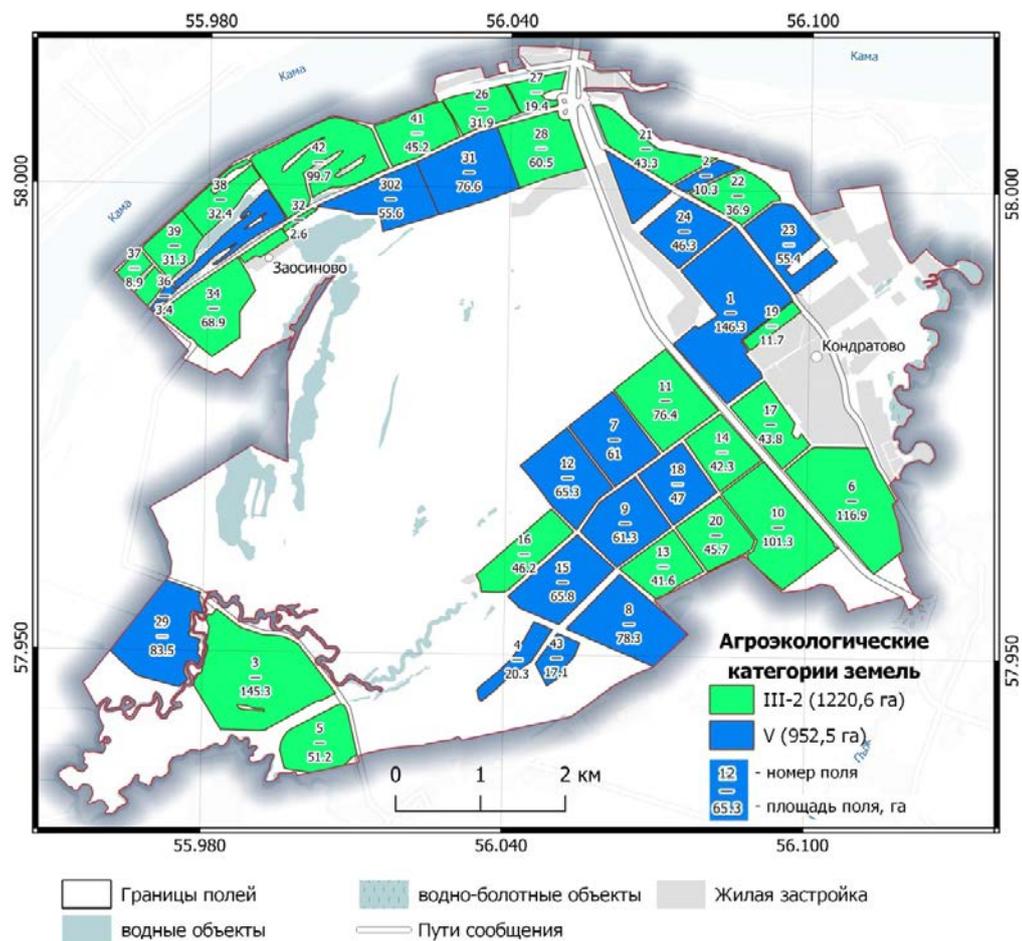


Рис. 4. Карта агроэкологических категорий земель Кондратовского сельского поселения

Fig. 4. Map of agroecological categories of lands of the Kondratovskiy rural settlement

В один агроэкологический тип земель относят аллювиальные дерновые и аллювиальные луговые, дерново-глеявые почвы, которые входят в категорию III-2. Для этого агроэкологического типа можно рекомендовать травопольный севооборот с высокой долей многолетних трав, что, в свою очередь, позволит получить дополнительные корма.

Комплексы аллювиально-луговых и аллювиально-болотных и болотных низинных почв входят в категорию V. Это почвы высокого потенциального плодородия, требующие гидротехнической мелиорации, пригодны для выращивания овощных культур, наиболее требовательных к почвенному плодородию. Возможно размещение овощного севооборота с долей многолетних трав.

Для представления результатов геоинформационного картографирования почв и агроэкологической типизации земель наиболее эффективным средством является Веб-ГИС.

Результат преобразования ГИС-проекта, созданного в QGIS, в веб-карту позволяет специалистам без IT-подготовки использовать геоинформационную технологию для решения задач оптимального размещения сельскохозяйственных культур. Разработка клиентского веб-приложения с использованием интерфейсов Leaflet [Абдуллин, 2020] реализована при помощи модуля qgis2web и универсального редактора кода Brackets, при помощи которого вписан заголовок HTML-документа (<title>), улучшен интерфейс всплывающего окна для отображения химического состава почв в точках отбора и добавлены блочные элементы оформления сайта (рис. 5).

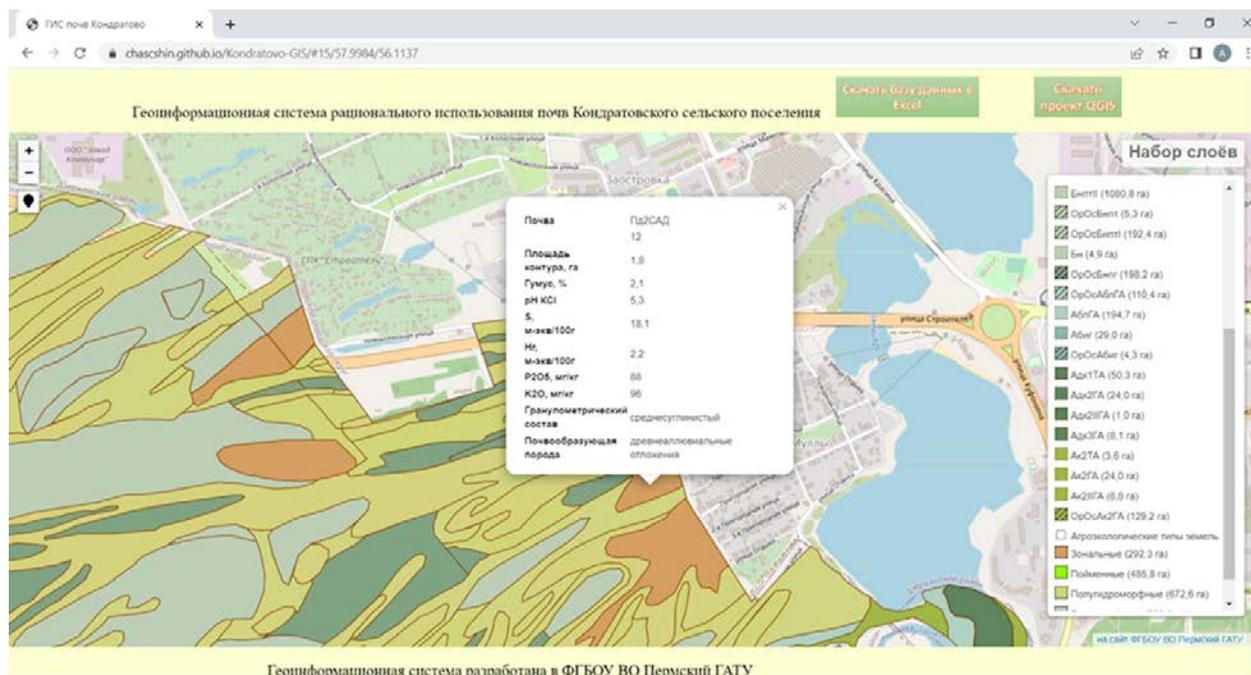


Рис. 5. Внешний вид веб-приложения после редактирования HTML-кода (размещено на GitHub)

Fig. 5. The appearance of the web application after editing the HTML code (hosted on GitHub)

Размещение веб-приложения выполнено на платформе GitHub. Функционал веб-приложения дополнен функцией геопозиционирования, что дает возможность пользователю определить свое местоположение на полях и контурах с различными типами почв. Доступ к данным на мобильном устройстве или компьютере по адресу: <https://chascshin.github.io/Kondratovo-GIS/#15/57.9997/56.1137>.

ВЫВОДЫ

Использование современных технологий позволяет выделять значительно больше почвенных контуров, чем при традиционном подходе к почвенному картографированию, особенно это важно при оценке мелиорируемых земель. В результате агроэкологической типизации, основанной на применении ГИС и актуальных данных дистанционного зондирования, на территории Кондратовского сельского поселения выделена одна агроэкологическая группа – пойменные земли, в составе которой выделены два агроэкологических типа земель, различающихся по степени гидроморфизма, определены категории земель по способу преодоления ограничивающих факторов. Использование открытых геотехнологий значительно упрощает разработку почвенно-картографического веб-приложения –

процесс его создания в основном осуществляется в рамках работы с ГИС-проектом и поэтому не требует расширенных компетенций почвовед-картографа. Использование открытой платформы GitHub для размещения агрономического приложения существенно сокращает его стоимость для конечного потребителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абдуллин Р.К., Пономарчук А.И.* Технологии интернет-картографирования: учебное пособие. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2020. 132 с.
2. *Исаева А.Д., Саипов Б., Аскаралиев Б.О., Садабаева Д.К., Омурзаков К.Э., Аскаралиев Т.Б.* Комплексная мелиорация – основа устойчивого развития сельского хозяйства в современных климатических условиях. Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. 2019. № 1 (50). С. 121–125.
3. *Калиничева Е.Ю., Польшакова Н.В., Коломейченко А.С.* Мелиорация сельскохозяйственных земель в России: состояние и перспективы развития. Вестник ОрелГАУ. 2017. № 3 (66). С. 121–128.
4. *Кирюшин В.И.* Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов. Москва: КолосС, 2011. 443 с.
5. *Клюкин Н.Ю., Гутников В.А.* Динамика сельскохозяйственных ресурсов мира. Государственное управление. Электронный вестник. 2017. № 64. С. 159–176.
6. *Ковалев Н.Г., Полозова В.Г., Пушкина Л.В.* Научное обеспечение адаптивной интенсификации сельскохозяйственного использования мелиорированных земель в Нечерноземной зоне России. Природообустройство. 2016. № 4. С. 44–51.
7. Почвы совхоза «Верхнемулинский» Пермского района, Пермской области и рекомендации по их использованию. Пермь: Пермский филиал УРАЛГИПРОЗЕМ, 1988. 215 с.
8. *Разумова В.В., Иванов А.Л., Савин И.Ю., Шаповалов Д.А., Разумова Н.В., Беккиев М.Ю., Шагин С.И., Молчанов Э.Н., Козлов Д.Н.* Переувлажнение и подтопление земель в регионах России. М.: ФГБНУ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», 2018. 279 с.
9. *Самофалова И.А., Мудрых Н.М., Каменских Н.Ю., Лобанова Ю.А.* Агроэкологическая типизация земель как основа совершенствования внутрихозяйственного землеустройства, системы севооборотов и удобрений. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 5 (103). С. 45–50.

REFERENCES

1. *Abdullin R.K., Ponomarchuk A.I.* Internet mapping technologies: a tutorial. Perm: Perm State National Research University, 2020. 132 p. (in Russian).
2. *Isaeva A.D., Saipov B., Askaraliev B.O., Sadabaeva Z., Omurzakov K.E., Askaraliev T.B.* Complex melioration – the basis of sustainable development of agricultural production in current climatic conditions. Vestnik of the Kyrgyz national agrarian university K.I. Scriabin. 2019. No. 1 (50). P. 121–125 (in Russian).
3. *Kalinicheva E.Yu., Polshakova N.V., Kolomeichenko A.S.* Melioration of agricultural lands in Russia: state and prospects of development. Bulletin of agrarian science. 2017. No. 3 (66). P. 121–128 (in Russian)
4. *Kiryushin V.I.* The theory of adaptive-landscape agriculture and the design of agricultural landscapes. Moscow: KolosS, 2011. 443 p. (in Russian).
5. *Klyukin N.Yu., Gutnikov V.A.* Dynamics of agricultural resources of the world. E-Journal Public Administration. 2017. No. 64. P. 159–176 (in Russian).

6. *Kovalev N.G., Polozova V.G., Pushkina L.V.* Scientific provision of adaptive intensification of agricultural use of reclaimed lands in the Non-chernozem zone of Russia. *Prirodoobustrojstvo*. 2016. No. 4. P. 44–51 (in Russian).
 7. Soils of the state farm “Verkhnemulinsky” of the Perm region, the Perm region and recommendations for their use. Perm: Perm branch of URALGIPROZEM, 1988. 215 p. (in Russian).
 8. *Razumova V.V., Ivanov A.L., Savan I.Yu., Shapovalov D.A., Razumova N.V., Bekkiev M.Yu., Shagin S.I., Molchanov E.N., Kozlov D.N.* Waterlogging and Underflooding of Lands in Regions of Russia. Moscow: FSBSO V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, 2018. 279 p. (in Russian).
 9. *Samofalova I.A., Mudrykh N.M., Kamenskikh N.Yu., Lobanova Yu.A.* Agro-ecological type assignment of lands as foundation for improving crop rotation and fertilization systems. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2013. No. 5 (103). P. 45–50 (in Russian).
-