

М. А. Кондратьева¹, И. А. Самофалова²

КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗДЕЛА «АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ» В РЕГИОНАЛЬНОМ АТЛАСЕ

АННОТАЦИЯ

Предлагаемая серия карт раскрывает агроэкологические условия региона, имеющие важное значение для сельского хозяйства. Подготовленные карты представлены тремя блоками. Блок индикаторов агроклиматических условий представляет карта агроэкологического потенциала. Данный показатель возрастает с северо-востока края на юго-запад, принимая значения в диапазоне от 6 до 7,5 баллов. Блок негативных свойств почв представлен картой переувлажненности почв. Почвы с различной степенью переувлажнения, от слабой до сильной, распространены в северной части края, снижая агроэкологический потенциал этой части региона. Блок индикаторов качества почв включает серию карт: содержание физической глины; мощность гумусовых горизонтов; содержание и запасы гумуса. На севере равнинной части края преобладают почвы песчаного и супесчаного состава с содержанием физической глины не более 20 %, в центральных и южных районах — почвы тяжелого гранулометрического состава с содержанием физической глины более 40 %. Наиболее благоприятные для возделывания сельскохозяйственных культур легко- и среднесуглинистые почвы с содержанием физической глины 20–30 % распространены преимущественно в восточной части края. Мощность гумусовых горизонтов в почвах варьируется от 1–3 до 30–40 и более см. На большей территории края мощность органико-минеральных горизонтов находится в диапазоне 10–20 см. Содержание гумуса на большей части территории края варьируется и оценивается как очень низкое и низкое (менее 4 %). Запасы гумуса на большей части региона не превышают 50 т/га. Данные карты могут быть рекомендованы для включения в агроэкологический раздел в региональный географический атлас.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: картографическое обеспечение, агроэкологические карты, индикаторы качества почв, агроэкологический потенциал, картографирование

¹ Пермский государственный аграрно-технологический университет, ул. Петропавловская, д. 23, Пермь, Россия, 614000,
e-mail: pochva@pgsha.ru

² Пермский государственный аграрно-технологический университет, ул. Петропавловская, д. 23, Пермь, Россия, 614000,
e-mail: samofalovairaida@mail.ru

Maria A. Kondratieva¹, Iraida A. Samofalova²

CARTOGRAPHIC SUPPORT OF THE SECTION “AGROECOLOGICAL MAPS” IN THE REGIONAL ATLAS

ABSTRACT

The proposed series of maps reveals the agroecological condition of the region, which are important for agriculture. The prepared maps are represented by three blocks. The block of indicators of agroclimatic conditions is a map of agroecological potential. This indicator increases from the northeast of the region to the southwest, taking values in the range from 6 to 7.5 points. The block of negative soil properties is represented by a map of waterlogged soils. Soils with varying degrees of waterlogging from weak to strong are common in the northern part of the region, reducing the agroecological potential of this part of the region. The block of soil quality indicators includes a series of maps: the content of physical clay; thickness of humus horizons; content and reserves of humus. In the north of the flat part of the region, soils of sandy and sandy loam composition with a physical clay content of no more than 20 % predominate; in the central and southern regions — soils of a heavy granulometric composition with a physical clay content of more than 40 %. The most favorable for the cultivation of agricultural crops are light and medium loamy soils with a physical clay content of 20–30 %, found mainly in the eastern part of the region. The thickness of humus horizons in soils varies from 1–3 to 30–40 or more cm. In most of the territory of the region, the thickness of organo-mineral horizons is in the range of 10–20 cm. The humus content in most of the territory of the region varies and is estimated as very low and low (less than 4 %). Humus reserves in most of the region do not exceed 50 t/ha. These maps can be recommended for inclusion in the agroecological section of the regional geographical atlas.

KEYWORDS: cartographic support, agroecological maps, soil quality indicators, agroecological potential, mapping

ВВЕДЕНИЕ

Картографическое обеспечение потребностей различных категорий пользователей, осуществляющих деятельность в области регионального планирования рационального природопользования, формирования территориально-хозяйственных структур, предполагает разработку соответствующих материалов научно-справочного характера, содержащих детальную пространственную информацию о ресурсах, видах хозяйственной деятельности, сегментах экономики. К числу таких материалов относятся комплексные и тематические атласы.

Картографические материалы должны соответствовать требованиям информационной емкости и детальности и использовать параметры и показатели, принятые в деятельности управленцев, исследователей и других потенциальных пользователей. Воспроизводимая информация должна быть максимально конкретной и объективной, не терять своей «современности» [Вишневецкий, Харченко, 2011].

В сфере управления сельским хозяйством разрабатываются новые подходы к оценке природного потенциала и рациональному использованию почв. Основываясь на зарубежном опыте агроэкологической оценки США, Канады и Китая, сотрудниками Почвенного

¹ Perm State Agro-Technological University, 23, Petropavlovskaya str., Perm, 614000, Russia, e-mail: pochva@pgsha.ru

² Perm State Agro-Technological University, 23, Petropavlovskaya str., Perm, 614000, Russia, e-mail: samofalovairaida@mail.ru

института предложен перечень индикаторов, содержащий параметры, согласующиеся с новой стратегией ЕС в сфере охраны почв «Здоровые почвы»:

- поддержание плодородия;
- борьба с эрозией;
- увеличение содержания органического вещества (ОВ);
- определение индикаторов «хорошего экологического состояния почв» и др. (Healthy soils..., 2020).

Выделены три группы индикаторов:

- агроклиматические (агроклиматический потенциал);
- свойства почв (содержание гумуса в пахотном слое, мощность гумусового горизонта, содержание физической глины в пахотном слое);
- негативных показателей свойств почв (легкий гранулометрический состав, содержание солей и обменного натрия, переувлажнение, водная эрозия, каменистость, содержание карбонатов, выщелоченность, уплотнение и пр.).

Выбор индикаторов качества почв определяется требованиями модели расчета нормативной урожайности сельскохозяйственной культуры, утвержденной МСХ РФ и рекомендованной в качестве практических руководств по оценке земель [Сапожников и др., 2012].

Анализ региональных атласов, изданных за последние 20–30 лет, показал, что разделы, характеризующие состояние почв и сельскохозяйственных земель, часто ограничиваются отображением агрохимических показателей плодородия на обрабатываемых землях: обеспеченности ОВ, подвижными формами фосфора и калия, кислотности [Атлас Ленинградской области, 1967; Атлас Алтайского края, 1980; Атлас Иркутской области, 2004; Атлас Республики Башкортостан, 2005; Учебно-краеведческий атлас Саратовской области, 2013; Эколого-географический атлас Воронежской области, 2013; Атлас Удмуртской республики, 2016; Географический атлас Белгородской обл., 2018]. Такой подход противоречит методике агроэкологической оценки, предусматривающей использование характеристик почв, изменение которых затруднено или вовсе не регулируется хозяйственной деятельностью [Самофалова, Мудрых, 2015; Кирюшин, 2020; Столбовой, Гребенников, 2020; Nortcliff, 2002; Bunemann et al., 2018; Kiryushin et al., 2021] (ГОСТ Р 70229-2022¹) в противовес агрохимическим показателям, регулируемым внесением удобрений.

В региональном атласе Пермского края агроэкологический раздел ограничен картами переувлажненности и эродированности почв [Атлас Пермского края, 2012], что не раскрывает представление об агроэкологическом потенциале региона. Целью данной работы стала разработка картографического обеспечения агроэкологического раздела регионального атласа картографической информацией в соответствии с новыми подходами к оценке почвенных ресурсов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Пермский край расположен в пределах восточной окраины Русской равнины (80 %) и западных предгорий Урала (20 % площади). Большая протяженность территории с севера на юг способствует проявлению широтной зональности, наиболее ярко представленной в равнинной части, где ландшафты средней тайги сменяются природными комплексами южной тайги, хвойно-широколиственных лесов и Кунгурской лесостепи. Для

¹ ГОСТ Р 70229-2022. Почвы. Показатели качества почв. М.: ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В. В. Докучаева», 2022. 6 с.

всей территории Пермского края характерен умеренный континентальный климат. Средняя температура января увеличивается от $-18,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ на северо-востоке до $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ на юго-западе. Средняя температура июля на северо-востоке Пермского края составляет $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, а на юго-западе $18,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ [Агроклиматический справочник..., 1956]. Сумма средних суточных температур воздуха за период выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ в диапазоне $1250\text{--}1725\text{ }^{\circ}\text{C}$ [Земельные ресурсы СССР, 1990]. Среднегодовое количество осадков в регионе изменяется от 500 мм до 1000 мм. Коэффициент увлажнения варьируется в пределах 1,11–1,34; коэффициент континентальности климата (по Н. Н. Иванову) имеет диапазон 126–191.

Почвообразующие породы разнообразны и представлены покровными отложениями, водно-ледниковыми, озерно-ледниковыми и древнеаллювиальными песками и супесями, элювиально-делювиальными глинами и суглинками, элювиями коренных пород — пермских глин, мергелей, известняков и песчаников.

В составе почвенного покрова региона преобладают почвы подзолистого типа (71,5 %). В северных районах на покровных суглинках и глинах сформировались подзолистые почвы и подзолы, в центральном и южном районах края — дерново-подзолистые почвы. В Кунгурской лесостепи распространены оподзоленные и в небольшом количестве выщелоченные черноземы [Коротаев, 1962; Вологжанина и др., 1982; Самофалова и др., 2008]. Доля дерново-подзолистых почв составляет 42,7 % от площади края, подзолистых — 20,1 %. Более плодородные почвы — серые лесные и черноземы оподзоленные — составляют всего 3,5 %. На торфяные болотные и пойменные почвы приходится 11,5 %.

Методические аспекты создания агроэкологических карт рассмотрены в работах [Кирюшин и др., 2019; Столбовой, Гребенников, 2020; Кирюшин, 2021]. Агроклиматический потенциал рассчитывался по [Оглезнев и др., 2007]. Данные о климате региона взяты из источников [Зубков, 1956; Агроклиматический справочник..., 1959; Научно-прикладной справочник..., 1990]. Источником данных для агроэкологической оценки качества почв служила электронная версия почвенной карты РФ масштаба 1: 2 500 000 и разработанный на ее основе Единый государственный реестр почвенных ресурсов РФ (ЕГРПР)¹, а также региональные литературные источники [Коротаев, 1962; Вологжанина, 2005; Протасова, 2008; Самофалова и др., 2008] и базы данных. Тематической основой карт служила сборка почвенной карты РФ масштаба 1: 2 500 000 с данными почвенных разрезов, пакет файлов почвенной карты РФ масштаба 1: 2 500 000 в формате ESRI Shape². Из данной карты была выделена территория Пермского края посредством программы QGIS. Карты и атрибутивные базы данных к ним созданы с помощью программы QGIS версии 3.2.2 (Maderia) в системе координат: EPSG:32640 – WGS 84 / UTM zone 40N; координатная сетка построена на основе системы координат: EPSG:4326 – WGS 84. Карты имеют масштаб 1: 2 500 000. Общее количество почвенных единиц, составляющих содержание почвенной карты в пределах территории региона — 32.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Агроэкологическая оценка территории включает три группы индикаторов: агроклиматические (агроклиматический потенциал); свойства почв (содержание гумуса и его запасы в пахотном слое, мощность гумусового горизонта, содержание физической глины в пахотном слое); негативные показатели свойств почв (переувлажнение) (табл. 1).

¹ Единый государственный реестр почвенных ресурсов РФ. Электронный ресурс: <http://infooil.ru/reestr/content/4DB.php> (дата обращения 21.12.18)

² Пакет файлов почвенной карты РФ м-ба 1: 2 500 000 в формате ESRI. Электронный ресурс: <https://infooil.ru/reestr/content/1DB.php> (дата обращения 21.12.18)

Табл. 1. Группировка агроэкологических карт
Table 1. Grouping agroecological maps

Группы индикаторов	Названия карт
Индикаторы агроклиматических условий	Карта агроклиматического потенциала
Индикаторы негативных показателей почв	Переувлажненность почв
Индикаторы свойств почв	Содержание гумуса
	Мощность гумусовых горизонтов
	Запасы гумуса
	Содержание физической глины

Карта агроклиматического потенциала (АП) по своему содержанию является оценочной и характеризует специфические требования сельскохозяйственной культуры к условиям произрастания. Картографической основой послужила карта Пермского края с административными центрами. Данные АП рассчитывали для административных центров региона, которые отображены способом изолиний с послышной окраской; использована равноинтервальная шестиступенчатая шкала (рис. 1а). В соответствии с ростом теплообеспеченности вегетационного периода показатель агроклиматического потенциала нарастает с северо-востока на юго-запад, принимая значения в диапазоне от 6 до 7,5 баллов по десятибалльной шкале. С точки зрения производства зерновых культур эти условия характеризуются как средние (4–6 баллов и выше).

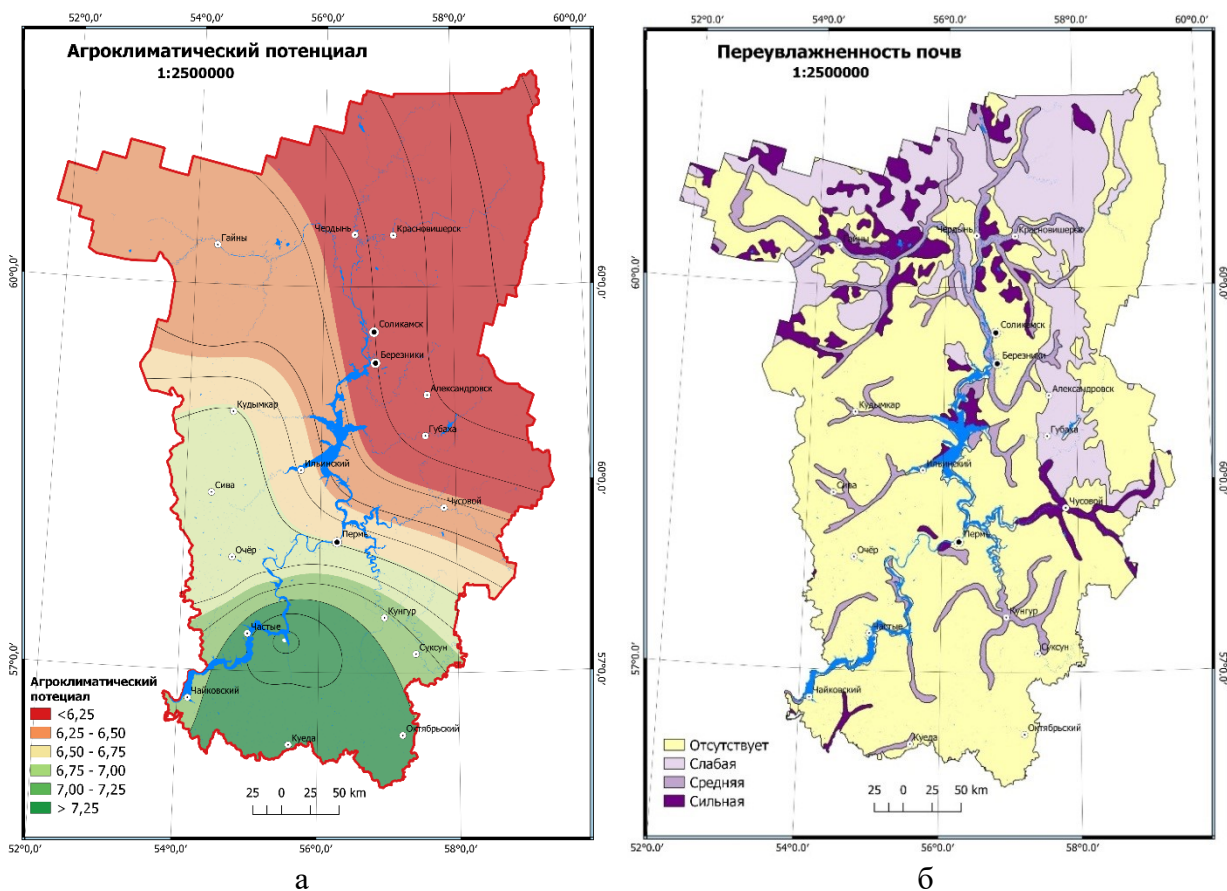


Рис. 1. Карты агроклиматического блока и блока негативных свойств почв
Fig. 1. Maps of the agroclimatic block and the block of negative soil properties

Блок негативных свойств представлен таким показателем, как переувлажненность (рис. 1б). Избыточное увлажнение является одним из важнейших факторов, ограничивающих использование почв. Этот фактор лимитирует рост и развитие сельскохозяйственных культур, нивелирует другие благоприятные свойства почв, делают малоэффективным внесение удобрений. Избыточное увлажнение почв в корнеобитаемом слое приводит к снижению содержания кислорода в почве и, как следствие, к установлению анаэробных условий. В результате происходит изменение органической и минеральной части почвы, а также образование веществ токсичных для растений. Избыток влаги и недостаточная аэрация подавляет деятельность аэробных микроорганизмов, тормозит разложение растительных остатков, обуславливает преобладание восстановительных процессов над окислительными. Избыток влаги приводит к увеличению плотности сложения, уменьшению порозности и водопроницаемости за счет разрушения почвенной структуры.

На территории края выделено четыре категории почв по степени переувлажнения в соответствии с типами окислительно-восстановительных режимов [Кауричев, 1982; Орлов, Кауричев, 1982] и степенью оглеения (табл. 2). Большая часть территории края представлена почвами без признаков переувлажнения. В равнинной части к ним относятся автоморфные почвы: дерново-подзолистые (Пд), дерново-карбонатные (Дк), серые лесные (СЛ), черноземы оподзоленные (Чоп), а также песчаные подзолы, в т. ч. иллювиально-гумусовые и иллювиально-железистые (Поиг, По1иг). Также в эту группу относятся почвы горной части Пермского края в связи с их провальной инфильтрацией за счет высокой каменистости: подбуры (ПБ), буро-таежные (бурые лесные грубогумусовые), буро-таежные иллювиально-гумусовые (буроземы грубогумусовые иллювиально-гумусовые) (Бргр, Бриг), горные лесо-луговые почвы (Глл). Слабое переувлажнение испытывают типичные подзолистые почвы разной степени оподзоленности и подзолистые поверхностно-глееватые почвы. Данные почвы распространены на севере края в условиях средней тайги и в предгорной части края.

Табл. 2. Группировка почв по степени переувлажнения
Table 2. Grouping soils according to the degree of waterlogging

Степень переувлажнения почв	Индекс почвы
Отсутствует	Чоп, СЛ, СЛт, СЛс, Дк, Бргр, Бриг, ПБ, Поиг, По1иг, Пдж, ПЗд, П2д, П1д, Глл
Слабая	П4, П3, П2, П1, Ппг
Средняя	Дг, Ан, А, Пг, Пог
Сильная	Тв, Тн, Тп, Ат, Пгт

Переувлажнение средней степени характерно для почв, испытывающих длительное поверхностное или грунтовое переувлажнение. В эту группу отнесены дерново-глеевые (Дг), глееподзолистые (Пг), а также подзолы глеевые торфянистые и торфяные (Пог), почвы центральной поймы — аллювиальные луговые, как кислые, так и насыщенные (А, Ан). Сильная степень переувлажнения отмечается в почвах, испытывающих длительное

или постоянное переувлажнение: торфяные верховые и торфяные низинные (Тв, Тн), торфяно- и торфянисто-подзолисто-глеевые (Пгт), торфяные болотные переходные (Тп), пойменные заболоченные (Ат). Почвы данной категории встречаются фрагментарно на севере Пермского края в подзоне средней тайги и в поймах рек.

Таким образом, условия переувлажнения в большей степени создаются в северной и северо-восточной части края, которые обладают низким агроэкологическим потенциалом.

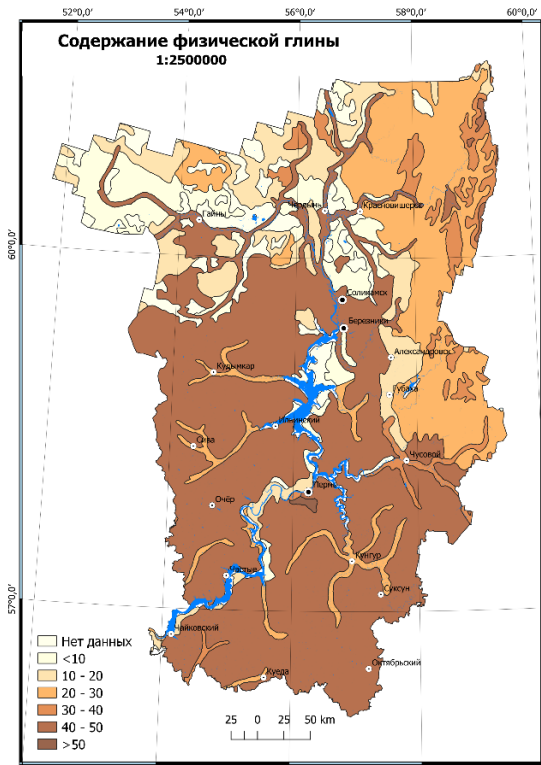
Индикаторы качества почв образуют следующий блок картографируемых агроэкологических условий. Для этого составлена база данных свойств почв края. На основании базы данных свойств почв и почвенной карты Пермского края были созданы карты (рис. 2), характеризующие основные агроэкологические условия, лимитирующие сельскохозяйственное использование почв: содержание физической глины; мощность гумусовых горизонтов; содержание и запасы гумуса.

Отечественный и зарубежный опыт проведения оценки качества земель уделяет большое внимание такому показателю, как содержание физической глины, которая характеризует гранулометрический состав почв [Качинский, 1965; Шеин, 2007; Juma, 1999; Blott, Puy, 2012; Soil survey manual..., 2017]. Содержание физической глины является труднорегулируемым показателем и наиболее стабильным свойством почвы, наследуемым от материнской породы. Варьирование содержания физической глины в пространстве является причиной варьирования водно-физических свойств: агрегатного и микроагрегатного состава, удельной поверхности, основной гидрофизической характеристики, влагопроводности [Шеин, 2007; Татаринцев и др., 2012; Самофалова, 2014; Татаринцев и др., 2016].

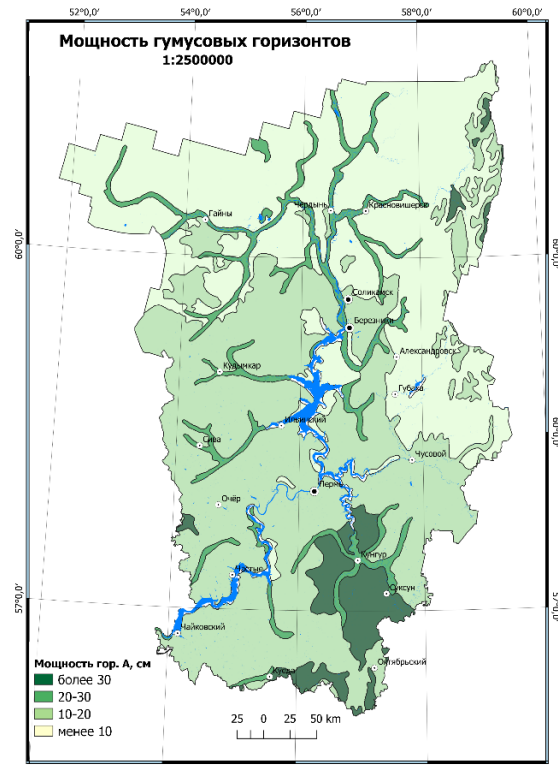
На карте (рис. 2а) приведены данные о содержании физической глины в гор. А, А₁. Для почв с органогенными горизонтами, в т. ч. торфяными и грубогумусовыми, данный показатель не определялся. Показатель ранжировали в соответствии с классификацией дерново-подзолистых почв по гранулометрическому составу на шесть градаций [Качинский, 1965].

На севере края преобладают почвы песчаного и супесчаного состава с содержанием физической глины 0–20 %. Такие почвы бесструктурны, бедны гумусом и элементами минерального питания, отличаются невысокой поглотительной способностью и в связи с этим обладают низкой буферностью, что обуславливает резкое увеличение концентрации почвенного раствора и быстрое его подкисление при внесении физиологически кислых удобрений. Кроме того, песчаные и супесчаные почвы имеют низкую влагоемкость, поэтому даже в гумидном климате в жаркое время года растения, произрастающие на таких почвах, испытывают дефицит влаги.

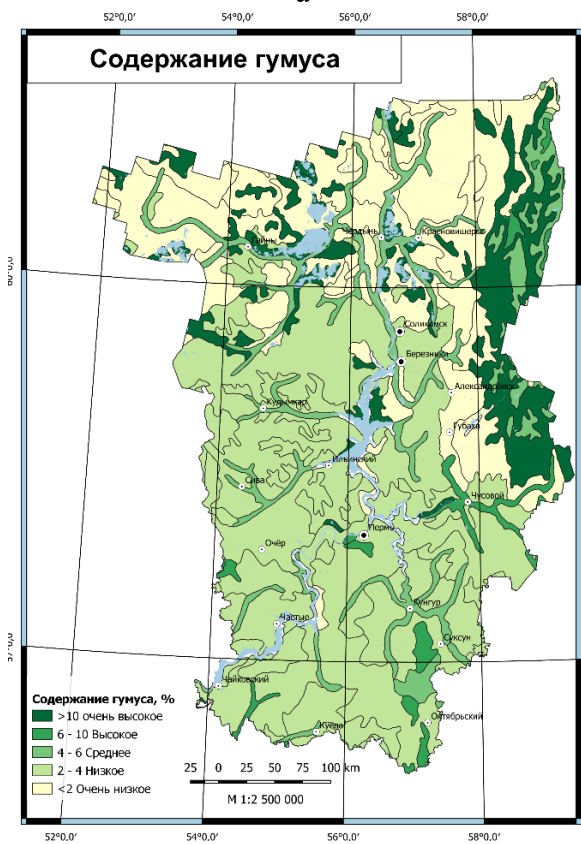
При движении с севера на юг края, содержание физической глины в данных почвах постепенно увеличивается до 50 % и более, что характеризует их как тяжелые, водонасыщенные, холодные, долгопрогревающиеся. Глинистые и тяжелосуглинистые почвы характеризуются замедленной фильтрацией и высокой влагоемкостью, что в условиях избыточного увлажнения ведет к переувлажнению почв и развитию оглеения. Такие почвы обладают неблагоприятными физическими свойствами, во влажном состоянии эти почвы вязкие, липкие, при высыхании становятся твердыми и тяжело обрабатываются. Наиболее благоприятные для возделывания сельскохозяйственных культур среднесуглинистые и легкосуглинистые почвы с содержанием ФГ 20–30 % распространены преимущественно в горной части края. Таким образом, большая часть территории Пермского края покрыта тяжелосуглинистыми и глинистыми почвами с содержанием физической глины более 40 % [Самофалова, 2014, 2018].



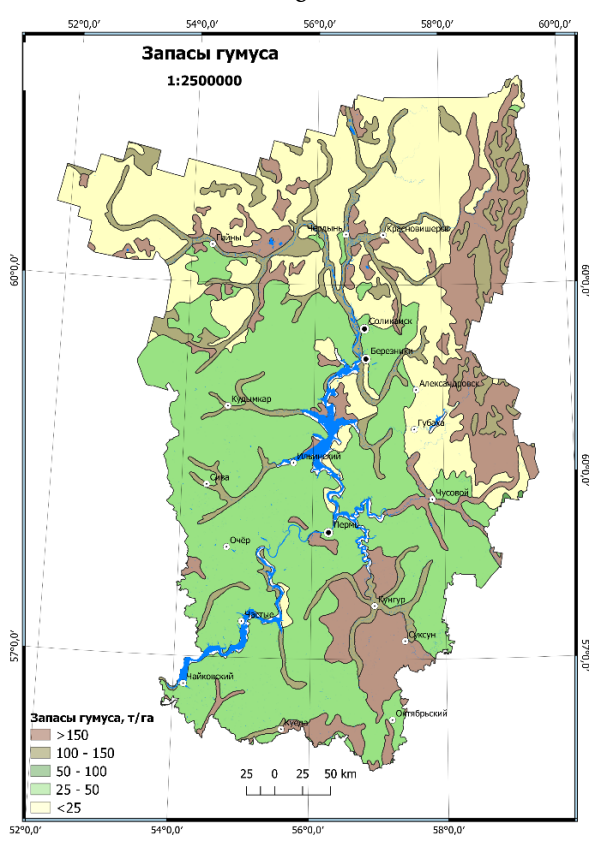
а



б



в



г

Рис. 2. Карты индикаторов состояния почв
Fig. 2. Maps of indicators of soil condition

В пахотных почвах мощность гумусового горизонта определялась следующим образом: в дерново-подзолистых почвах как мощность горизонта A_1 или $A_{пах}$, в серых лесных почвах она соответствует суммарной мощности горизонтов A_1 и A_1A_2 ; в черноземах оподзоленных включает слой, состоящий из горизонтов A и AB . В глееподзолистых, болотных почвах гумусовый горизонт A_1 не выделялся.

Мощность гумусовых горизонтов в регионе возрастает с севера на юг и варьируется от 1–3 см у подзолистых почв и 5–15 см у дерново-подзолистых до 30–40 см в почвах пойм, черноземах оподзоленных, дерново-глеевых и дерново-карбонатных почвах (рис. 2б) [Кондратьева, Самофалова, 2022]. В почвах горной части Пермского края (буротажных, подбурах, подзолах, горных лесо-луговых) мощность поверхностных органогенных и гумусовых горизонтов варьируется от 5 до 34 см в зависимости от типа почв и высотно-растительных условий [Самофалова, 2019; Samofalova, 2021]. Таким образом, показатель мощности гумусового горизонта в почвах не является постоянным и значительно варьируется в пространстве, создавая различный по мощности корнеобитаемый слой для растений и, соответственно, разные агроэкологические условия для роста и развития.

Роль гумуса в почвенном плодородии многогранная и разносторонняя: формирование и улучшение питательного режима, физико-механических (структура, плотность, пористость и др.) и физико-химических свойств (емкость поглощения, буферность и др.), биологической активности, санитарно-защитных функций почв. Содержание гумуса определяли в горизонтах A (A_1), $A_{пах}$. Для ранжирования и оценки показателя использовали оценочную шкалу [Кирюшин и др., 2019].

Содержание гумуса в почвах края варьируют в широких пределах: от низких значений (1–2 %) в подзолах и подзолистых почвах на севере края до высоких (6–8 % и более) в темно-серых лесных почвах и оподзоленных черноземах на юго-востоке (рис. 2в). Высокое содержание гумуса имеют почвы пойм. Очень высокое содержание гумуса (более 10 %) может встречаться в дерново-карбонатных и дерново-глеевых почвах, а также в горных почвах. Дерново-подзолистые почвы, определяющие основной фон почвенного покрова в центральной и южной частях края, характеризуются содержанием гумуса на уровне 2–4 %.

Запасы гумуса в почвах Пермского края в верхних горизонтах (0–20 см) на основной его территории не превышают 50 т/га (рис. 2г). Так, в северной и северо-восточной (горной) части края запасы гумуса не превышают 25 т/га. Высокие запасы гумуса характерны для болотных почв, а также буроземов грубогумусовых, характеризующиеся большими запасами гумуса и органических веществ в органогенных горизонтах. Запасы гумуса максимальны в почвенном покрове юго-западных районов края в серых почвах и черноземных почвах (более 150 т/га). Аллювиальные почвы края в среднем имеют запасы гумуса 100–150 т/га.

Таким образом, мощность органо-минеральных горизонтов, содержание и запасы гумуса в почвах возрастают с севера на юг, повышая агроэкологический потенциал его сельскохозяйственных земель.

ВЫВОДЫ

Разработанная серия агроэкологических карт дает всестороннюю характеристику агроэкологических условий региона, раскрывает представление о ведущих факторах плодородия сельскохозяйственных угодий. Включает в себя как инвентаризационные, так и оценочные карты. Предлагаемый пакет агроэкологических карт включает три блока индикаторов: агроклиматические (агроклиматический потенциал); свойства качества почв (содержание гумуса в пахотном слое, мощность гумусового горизонта, запасы гумуса и

содержание физической глины в пахотном слое); негативных показателей свойств почв (переувлажнение). Последний блок должен быть расширен за счет включения карт эродированности и каменистости почв. Данная серия карт может быть использована как в учебных целях, так и для решения прикладных задач, например для расчета нормативной урожайности сельскохозяйственных культур.

Агроэкологический потенциал региона возрастает с севера на юг. Этому способствуют оптимизация гидротермических условий вегетационного периода, как следствие устранения лимитирующих факторов, связанных с переувлажнением почв, увеличение содержания и запасов гумуса в почвах. Преобладание тяжелосуглинистых и глинистых почв с содержанием физической глины, превышающим 40 %, снижает агроэкологический потенциал вследствие неблагоприятных физических свойств, таких как высокая вязкость, липкость во влажном состоянии, твердость при высыхании, что сказывается на условиях обработки почв.

Таким образом, данные карты могут быть рекомендованы для включения в региональный географический атлас в блок сельскохозяйственных карт или в самостоятельный блок агроэкологических карт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Агроклиматический справочник по Пермской области. Ленинград: Гидрометеиздат, 1959. 132 с.

Атлас Алтайского края. М.–Барнаул: ГУГК, 1980. Т. 2. 235 с.

Атлас Иркутская область. Экологические условия развития. М.–Иркутск: Омская картографическая фабрика Роскартографии, 2004. 90 с.

Атлас Ленинградской области. М.: ГУГК, 1967. 82 с.

Атлас Пермского края. Коллектив авторов Пермского Государственного Национального Исследовательского университета. Пермь: Раритет-Пермь, 2012. 123 с. Электронный ресурс: <https://vdocuments.site/-555e1457d8b42a9e188b5381.html?page=1> (дата обращения 01.02.2024).

Атлас Республики Башкортостан. Уфа: Омская картографическая фабрика, Роскартография, 2005. 419 с.

Атлас Удмуртской Республики: Пространство, Деятельность человека, Современность. М.–Ижевск: Феория, 2016. 281 с.

Вишневский Д. С., Харченко А. В., Хижняк В. Д. Картографическое обеспечение исследовательской и хозяйственно-управленческой деятельности: основные направления и инструментарий. Вестник ДВО РАН, 2011. № 2(156). С. 29–38. Электронный ресурс: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17690221> (дата обращения 20.04.2024).

Вологжанина Т. В. Серые лесные почвы зоны широколиственных лесов Русской равнины. Пермь: Пермская ГСХА, 2005. 454 с.

Вологжанина Т. В., Москвитин Н. А., Бутенко В. Ф. Почвенно-географическое районирование и структура почвенного покрова Пермской области. Научные основы повышения плодородия почв. Межвузовский сборник научных трудов. Пермь: Пермский СХИ, 1982. С. 3–8.

Географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство. Белгород: Константа, 2018. 200 с.

Земельные ресурсы СССР: Природно-сельскохозяйственное районирование территории областей, краев, АССР и республик. Государственный НИИ Земельных Ресурсов. М.–Майкоп: Адыгея, 1990. Ч. 1. 261 с.

Зубков Е. Ф. Агроклимат Молотовской области и сроки полевых работ. Молотов: Молотовское Книжное Издательство, 1956. 83 с.

Кауричев И. С. Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв. М.: Колос, 1982. 247 с.

Качинский Н. А. Физика почв. М.: Высшая школа, 1965. Ч. 1. 324 с.

Кирюшин В. И. Методология комплексной оценки сельскохозяйственных земель. Почвоведение, 2020. № 7. С. 871–879.

Кирюшин В. И. Развитие парадигмы сельскохозяйственного природопользования (к 175-летию В. В. Докучаева). Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева, 2021. Специальный выпуск. С. 5–26. DOI: 10.19047/0136-1694-2021-D-5-26.

Кирюшин В. И., Лукин С. В., Соловйченко В. Д., Мельников В. И. Белгородская модель адаптивно-ландшафтного земледелия. Белгород: Константа, 2019. 269 с.

Кондратьева М. А., Бажукова Н. В. Карты почвенной тематики в региональных атласах. Цифровая география: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: в 2 т., 16–18 сентября 2020 г. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2020. Т. I. С. 9–12. Электронный ресурс: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44149578&pff=1> (дата обращения 01.02.2024).

Кондратьева М. А., Самофалова И. А. Радиальные геохимические барьеры в почвах Пермского края. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Международной конференции. М.: Географический факультет МГУ, 2022. Т. 28. Ч. 2. С. 901–912. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-901-912.

Коротаев Н. Я. Почвы Пермской области. Пермь: Пермское Книжное Издательство, 1962. 280 с.

Мудрых Н. М., Самофалова И. А., Чащин А. Н. Агроэкологическая типизация земель мелиорируемой территории в Нечерноземной зоне. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Международной конференции. М.: Географический факультет МГУ, 2022. Т. 28. Ч. 2. С. 935–946. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-935-946. Электронный ресурс: <https://www.agrochemv.ru/en/nomer/2022/6> (дата обращения 15.01.2024).

Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3: Многолетние данные. Государственный комитет СССР по гидрометеорологии. Выпуск 9: Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области, Башкирская АССР. Ленинград: Гидрометеиздат, 1990. 556 с.

Национальный Атлас почв Российской Федерации. М.: Астрель, 2011. 632 с. Электронный ресурс: <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-2011shoba-rednacionalnyu-atlas-pochv-rossii1.pdf> (дата обращения 20.01.2024).

Оглезнев А. К., Куприян Т. А., Норкина Т. Е., Черненко А. Г., Суханов В. А., Родин А. З., Носов С. И., Бондарев Б. Е., Пшеничников А. П., Булгаков Д. С., Карманов И. И., Карманова Л. А., Михайлова О. В., Беликеев Ф. Н., Лаврентьева Т. В., Оверчук А. Л., Мирошниченко С. Г. Оценка качества и классификация земель по их пригодности для использования в сельском хозяйстве (практическое пособие). М.–Владимир: Русская оценка,

2007. 131 с. Электронный ресурс: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37188500> (дата обращения 01.02.2024).

Орлов Д. С., Кауричев И. С. Окислительно-восстановительные процессы и их контроль в генезисе и плодородии почв. М.: Колос, 1982. 246 с.

Протасова Л. А. Генетическая характеристика и диагностика дерново-бурых и дерново-карбонатных почв Пермского края: монография. Пермь: Пермская ГСХА, 2009. 135 с.

Самофалова И. А. Системный анализ гранулометрического состава дерново-подзолистых почв. Актуальные проблемы аграрной науки в XXI веке: Материалы Международной научно-практической конференции. ФГБУО ВО Пермская ГСХА. Пермь: Прокрость, 2014. С. 97–100.

Самофалова И. А. Региональные закономерности гранулометрического состава в дерново-подзолистых почвах в Пермском крае. Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: Сборник III Всероссийской (Национальной) научной конференции. Новосибирск: НГАУ, 2018. С. 167–173.

Самофалова И. А. Индикационная связь между генетическими признаками почв и высотными ландшафтами на Среднем Урале (хребет Басеги). Российский журнал прикладной экологии, 2019. № 2(18). С. 42–48.

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. Ч. 1. Пермь: Пермская ГСХА, 2008. С. 117–122.

Самофалова И. А., Мудрых Н. М. Агроэкологическая оценка органического вещества в дерново-подзолистых почвах Пермского края: монография. Министерство сельского хозяйства РФ. ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. Пермь: Пермь: Прокрость, 2015. 154 с. Электронный ресурс: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29839211> (дата обращения 20.01.2024).

Сапожников П. М., Носов С. И., Бондарев Б. Е., Оглезнев А. К., Гладков А. А., Сафонов Ю. В., Давыдов В. А., Садыков И. А., Полехина Т. М., Плеханова Е. А., Ковалев Д. В., Гинзбург М. Е., Беляев А. А., Светлаков В. И., Легонцев А. В., Филимошин А. Р. Государственная кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации. М.: НИПКЦ Восход-А, 2012. 160 с.

Столбовой В. С., Гребенников А. М. Индикаторы качества почв пахотных угодий РФ. Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева, 2020. Вып. 104. С. 31–67. DOI: 10.19047/0136-1694-2020-104-31-67.

Татаринцев В. Л., Татаринцев Л. М., Рассыпнов В. А. Гранулометрический состав почв Алтайского Приобья и его агроэкологическая оценка. Вестник Алтайского ГАУ, 2012. № 6(92). С. 36–40.

Татаринцев Л. М., Татаринцев В. Л., Будрицкая И. А., Лебедева Л. В. Методологическая основа агроэкологической оценки (почв) земель. Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2016. С. 442–443.

Учебно-краеведческий атлас Саратовской области. Саратов: Изд-во СГУ, 2013. 143 с.

Шеин Е. В. Теории и методы физики почв. Коллективная монография. М.: Гриф и К, 2007. 616 с.

Эколого-географический Атлас-книга Воронежской области. Воронеж: Издательство Воронежского государственного университета, 2013. 514 с.

Blott S. J., Pye K. Particle size scales and classification of sediment types based on particle size distributions: Review and recommended procedures. *Sedimentology*, 2012. No. 59(7). P. 2071–2096.

Bunemann E. K., Bongiorno G., Bai Z. G., Creamer R. E., De Deyn G., De Goede R. et al. Soil quality — a critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 2018. V. 120. P. 105–125. DOI: 10.1016/j.soilbio.2018.01.030.

Healthy soils — new EU soil strategy. Web resource: <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-yoursay/initiatives/12634-New-EU-Soil-Strategy-healthy-soil-for-a-healthy-life> (accessed 01.02.2024).

Juma N. G. The Pedosphere and its Dynamics. A Systems Approach to Soil Science. V. 1: Introduction to Soil Science and Soil Science Resources. Edmonton: Salman University of Alberta, 1999. 315 p.

Kiryushin V. I., Yurova A. Y., Dubachinskaya N. N. Comprehensive assessment of agricultural land by the example of the Southern Urals. *Eurasian Soil Science*, 2021. V. 54. No. 11. P. 1721–1731.

Nortcliff S. Standardization of soil quality attributes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2002. V. 88. Iss. 2. P. 161–168. DOI: 10.1016/S0167-8809(01)00253-5.

Samofalova I. A. Typical features of short-profile soils in the Middle Urals. IOP Conference. The VIII Congress of the Dokuchaev Soil Science Society. Series: Earth and Environmental Science, 2021. V. 862. DOI: 10.1088/1755-1315/862/1/012009. Web resource: <https://iop-science.iop.org/article/10.1088/1755-1315/862/1/012009/pdf/862> (accessed 01.02.2024).

Soil survey manual. Soil Survey Division Staff. United States Department of Agriculture, 2017. No. 18. 120 p.

REFERENCES

Agroclimatic guide for the Perm Region. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1959. 132 p. (in Russian).

Atlas of Altai Krai. Moscow–Barnaul: GUGK, 1980. V. 2. 235 p. (in Russian).

Atlas of Irkutsk Region. Environmental conditions of development. Moscow–Irkutsk: Omsk cartographic factory of Roscartography, 2004. 92 p. (in Russian).

Atlas of Leningrad Region. Moscow: GUGK, 1967. 82 p. (in Russian).

Atlas of the Perm Krai. Collective of authors of the Perm State National Research University. Perm: Raritet-Perm, 2012. 123 p. (in Russian). Web resource: <https://vdocuments.site/555e1457d8b42a9e188b5381.html?page=1> (accessed 01.02.2024).

Atlas of the Republic of Bashkortostan. Ufa: Omsk Cartographic Factory of Roscartography, 2005. 419 p. (in Russian).

Atlas of the Udmurt Republic: Space, Human Activity, Modernity. Moscow–Izhevsk: Theoria, 2016. 281 p. (in Russian).

Blott S. J., Pye K. Particle size scales and classification of sediment types based on particle size distributions: Review and recommended procedures. *Sedimentology*, 2012. No. 59(7). P. 2071–2096.

Bunemann E. K., Bongiorno G., Bai Z. G., Creamer R. E., De Deyn G., De Goede R. et al. Soil quality — a critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 2018. V. 120. P. 105–125. DOI: 10.1016/j.soilbio.2018.01.030.

Ecological and Geographical Atlas-book of the Voronezh Region. Voronezh: Publishing House of the Voronezh State University, 2013. 514 p. (in Russian).

- Educational and Local History Atlas of the Saratov Region. Saratov: SSU Publishing House, 2013. 143 p. (in Russian).
- Geographical Atlas of the Belgorod Region: Nature, Society, Economy. Belgorod: Konstanta, 2018. 200 p. (in Russian).
- Healthy Soils — New EU Soil Strategy. Web resource: <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-yoursay/initiatives/12634-New-EU-Soil-Strategy-healthy-soil-for-a-healthy-life> (accessed 01.02.2024).
- Juma N. G.* The Pedosphere and its Dynamics. A Systems Approach to Soil Science. V. 1: Introduction to Soil Science and Soil Science Resources. Edmonton: Salman University of Alberta, 1999. 315 p.
- Kachinsky N. A.* Soil Physics. Moscow: Higher School, 1965. Part 1. 324 p. (in Russian).
- Kaurichev I. S.* Redox Processes and their Role in the Genesis and Soil Fertility. Moscow: Kolos, 1982. 247 p. (in Russian).
- Kiryushin V. I.* Methodology for integrated assessment of agricultural lands. Eurasian Soil Science, 2020. No. 7. P. 871–879 (in Russian).
- Kiryushin V. I.* Developing the paradigm of agricultural environmental management (to the 175-th anniversary of V. V. Dokuchaev). V. V. Dokuchaev Soil Bulletin, 2021. Special Issue. P. 5–26 (in Russian). DOI: 10.19047/0136-1694-2021-D-5-26.
- Kiryushin V. I., Lukin S. V., Solovichenko V. D., Melnikov V. I.* Belgorod Model of Adaptive Landscape Agriculture. Belgorod: Konstanta, 2019. 269 p. (in Russian).
- Kiryushin V. I., Yurova A. Y., Dubachinskaya N. N.* Comprehensive assessment of agricultural land by the example of the Southern Urals. Eurasian Soil Science, 2021. V. 54. No. 11. P. 1721–1731.
- Kondratieva M. A., Bazhukova N. V.* Soil topics maps in regional atlases. Digital Geography: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation: in 2 vols. September 16–18, 2020. Perm: Perm State National Research University, 2020. V. 1. P. 9–13 (in Russian). Web resource: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44149578&pff=1> (accessed 01.02.2024).
- Kondratieva M. A., Samofalova I. A.* Radial geochemical barriers in soils of the Perm Krai. InterCarto. InterGIS. Geoinformation support for sustainable development of territories: Proceedings of the International Conference. Moscow: MSU, Faculty of Geography, 2022. V. 28. Part 2. P. 901–912 (in Russian). DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-901-912.
- Korotaev N. Ya.* Soils of the Perm Region. Perm: Perm Book Publishing House, 1962. 280 p. (in Russian).
- Land Resources of the USSR: Natural and Agricultural Zoning of the Territory of Regions, Territories, ASSR and Republics. State Research Institute of Land Resources. Moscow–Maikop: Adygea, 1990. Part 1. 261 p. (in Russian).
- Mudrykh N. M., Samofalova I. A., Chashchin A. N.* Agroecological typing of lands in the reclaimed territory in the non-chernozem zone. InterCarto. InterGIS. Geoinformation support for sustainable development of territories: Proceedings of the International Conference. Moscow: MSU, Faculty of Geography, 2022. V. 28. Part 2. P. 935–946 (in Russian). DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-935-946. Web resource: <https://www.agrochemv.ru/en/nomer/2022/6> (accessed 15.01.2024).

National Atlas of Soils of the Russian Federation. Moscow: Astrel, 2011. 632 p. (in Russian). Web resource: <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-2011shoba-rednacionalnyy-atlas-pochv-rossii1.pdf> (accessed 20.01.2024).

Nortcliff S. Standardization of soil quality attributes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2002. V. 88. Iss. 2. P. 161–168. DOI: 10.1016/S0167-8809(01)00253-5.

Ogleznev A. K., Kupriyan T. A., Norkina T. E., Chernenkov A. G., Sukhanov V. A., Rodin A. Z., Nosov S. I., Bondarev B. E., Pshenichnikov A. P., Bulgakov D. S., Karmanov I. I., Karmanova L. A., Mikhailova O. V., Belikeev F. N., Lavrentieva T. V., Overchuk A. L., Miroshnichenko S. G. Evaluation of the Quality and Classification of Lands According to their Suitability for Use in Agriculture (a Practical Guide). Moscow–Vladimir: Russian Assessment, 2007. 131 p. (in Russian). Web resource: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37188500> (accessed 01.02.2024).

Orlov D. S., Kaurichev I. S. Redox Processes and their Control in the Genesis and Soil Fertility. Moscow: Kolos, 1982. 246 p. (in Russian).

Protasova L. A. Genetic characteristics and diagnostics of sod-brown and sod-carbonate soils of the Perm Krai: Monograph. Perm: Perm State Agricultural Academy, 2008. 157 p. (in Russian).

Samofalova I. A. System analysis of the granulometric composition of sod-podzolic soils. Actual problems of agrarian science in the XXI century: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Federal State Budgetary Educational Institution “Perm State Agricultural Academy”. Perm: Prokrost, 2014. P. 97–100 (in Russian).

Samofalova I. A. Regional patterns of granulometric composition in sod-podzolic soils in the Perm region. The role of agrarian science in the sustainable development of rural areas: Collection of the III All-Russian (National) Scientific Conference. Novosibirsk: NSAU, 2018. P. 167–173 (in Russian).

Samofalova I. A. Indicative relationship between genetic traits of soils and high-altitude landscapes in the Middle Urals (Basegi Ridge). *Russian Journal of Applied Ecology*, 2019. No. 2(18). P. 42–48 (in Russian).

Samofalova I. A. Typical features of short-profile soils in the Middle Urals. IOP Conference. The VIII Congress of the Dokuchaev Soil Science Society. Series: Earth and Environmental Science, 2021. V. 862. DOI: 10.1088/1755-1315/862/1/012009. Web resource: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/862/1/012009/pdf/862> (accessed 01.02.2024).

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

Samofalova I. A., Mudrykh N. M. Agroecological Assessment of Organic Matter in Sod-podzolic Soils of the Perm Krai: Monograph. Ministry of Agriculture of the Russian Federation. FGBOU VPO Perm State Agricultural Academy. Perm: Prokrost, 2015. 164 p. (in Russian). Web resource: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29839211> (accessed 20.01.2024).

Sapozhnikov P. M., Nosov S. I., Bondarev B. E., Ogleznev A. K., Gladkov A. A., Safonov Yu. V., Davydov V. A., Sadykov I. A., Polekhina T. M., Plekhanova E. A., Kovalev D. V., Ginzburg M. E., Belyaev A. A., Svetlakov V. I., Legontsev A. V., Filimoshin A. R. State Cadastral Assessment of Agricultural Lands of the Russian Federation. Moscow: NIPKTS Voskhod-A, 2012. 160 p. (in Russian).

Scientific and Applied Reference Book on the Climate of the USSR. Series 3: Long-term Data. The USSR State Committee for Hydrometeorology. Iss. 9: Perm, Sverdlovsk, Chelyabinsk, Kurgan regions, Bashkir ASSR. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1990. 556 p. (in Russian).

Shein E. V. Theories and Methods of Soil Physics. Collective monograph. Moscow: Grif and K, 2007. 616 p. (in Russian).

Soil Survey Manual. Soil Survey Division Staff. United States Department of Agriculture, 2017. No. 18. 120 p.

Stolbovoy V. S., Grebennikov A. M. Soil quality indicators of arable lands in the Russian Federation. Dokuchaev Soil Bulletin, 2020. V. 104. P. 31–67 (in Russian). DOI: 10.19047/0136-1694-2020-104-31-67.

Tatarintsev L. M., Tatarintsev V. L., Budritskaya I. A., Lebedeva L. V. Methodological basis for agroecological assessment (of soils) of lands. Barnaul: Altai State Agrarian University, 2016. P. 442–443 (in Russian).

Tatarintsev V. L., Tatarintsev L. M., Rassypnov V. A. Granulometric composition of soils of the Altai Ob region and its agroecological assessment. Bulletin of the Altai State Agrarian University, 2012. No. 6(92). P. 36–40 (in Russian).

Vishnevskiy D. S., Kharchenko A. V., Khizhnyak V. D. Cartographic supply for research and economic management: basic trends and tools. Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, 2011. No. 2(156). P. 29–38 (in Russian). Web resource: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17690221> (accessed 20.04.2024).

Vologzhanina T. V. Gray Forest Soils of the Broadleaf Forest Zone of the Russian Plain. Perm: Perm State Agricultural Academy, 2005. 454 p. (in Russian).

Vologzhanina T. V., Moskvitin N. A., Butenko V. F. Soil-geographical zoning and structure of the soil cover of the Perm Region. Scientific Bases for Improving Soil Fertility. Interuniversity collection of scientific papers. Perm: Perm Agricultural Institute, 1982. P. 3–8 (in Russian).

Zubkov E. F. Agroclimate of the Molotov Region and Terms of Field Work. Molotov: Molotov Book Publishing House, 1956. 83 p. (in Russian).
