

УДК 528.9, 502(571.53)

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-125-132

И.А. Белозерцева ✉

Д.Н. Лопатина

Институт географии им. В.Б. Сочавы  
Сибирского отделения Российской  
академии наук, Иркутск, Россия

✉ [belozia@mail.ru](mailto:belozia@mail.ru)

Поступила в редакцию: 18.07.2024

Одобрена после рецензирования: 11.11.2024

Принята к публикации: 25.11.2024

© Белозерцева И.А., Лопатина Д.Н.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-125-132

Irina A. Belozertseva ✉

Daria N. Lopatina

V.B. Sochava Institute of Geography of the  
Siberian Branch of the Russian Academy of  
Sciences, Irkutsk, Russia

✉ [belozia@mail.ru](mailto:belozia@mail.ru)

Received by the editorial office: 18.07.2024

Accepted in revised: 11.11.2024

Accepted for publication: 25.11.2024

© Belozertseva I.A., Lopatina D.N.

## Почвы наиболее продуктивных сельскохозяйственных земель Иркутской области: картографирование, использование, оценка современного состояния

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** В Иркутско-Черемховской равнине, составляющей 11% территории Иркутской области, где расположена основная часть сельхозугодий, отмечаются относительно хорошие природно-климатические условия. Площадь сельскохозяйственных земель в области составляет 4%, по отдельным районам — до 48%, из них более половины (а в отдаленных районах более 70%) заброшены с 1990-х гг. — после «перестройки» государственной системы.

**Цель работы** — дать оценку состояния плодородия почв используемых и заброшенных сельскохозяйственных земель.

**Методы.** Химико-аналитические работы проведены в соответствии с общепринятыми методами. Оценка состояния почв проведена по методике, предложенной авторами.

**Результаты.** Установлено, что почвы пашен и залежей отдаленных районов (Осинского, Боханского и др.) обладают лучшими показателями плодородия, худшими (по результатам данных исследований) — почвы Иркутского района. Почвы освоенной части территории области (Черемховский, Баяндаевский и Эхирит-Булагатский районы) по основным агрофизическим и агрохимическим показателям оцениваются в основном как «хорошие» и «удовлетворительные» (иногда «отличные», редко «неудовлетворительные»). Отличное состояние почв наблюдается на фоновых территориях, нетронутых хозяйственной деятельностью человека. Почвы используемых пашен около крупных населенных пунктов практически всех районов нуждаются во внесении минеральных калийных и фосфорных удобрений, реже — азотных (минеральных или органических). Имеется резерв сельскохозяйственных земель для использования в виде заброшенных угодий, но иногда они нуждаются в агрохимических, агротехнических и других мероприятиях, так как почвы еще недостаточно восстановились.

**Ключевые слова:** почвенные показатели, сельскохозяйственное использование земель, картографирование, оценка уровня плодородия почв, Предбайкалье

**Для цитирования:** Белозерцева И.А., Лопатина Д.Н. Почвы наиболее продуктивных сельскохозяйственных земель Иркутской области: картографирование, использование, оценка современного состояния. *Аграрная наука.* 2024; 389(12): 125–132.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-125-132>

## Soils of the most productive agricultural lands of the Irkutsk region: mapping, use, assessment of the current state

### ABSTRACT

**Relevance.** The Irkutsk-Cheremkhovskaya plain, which makes up 11% of the territory of the Irkutsk region, where the main part of farmland is located, has relatively good natural and climatic conditions. The area of agricultural land in the region is 4%, in some areas — up to 48%, of which more than half (and in remote areas more than 70%) have been abandoned since the 1990s — after the “restructuring” of the state system.

**The purpose of the work** is to assess the state of soil fertility of used and abandoned agricultural lands.

**Methods.** The assessment of the soil condition was carried out according to the author’s methodology in the form of generalizing data and a system of indices of individual indicators.

**Results.** It was found that the soils of arable land and deposits in remote areas (Osinsky, Bokhansky etc.) have the best fertility indicators, the worst (according to the results of these studies) are the soils of the Irkutsk region. The soils of the developed part of the territory of the region (Cheremkhovsky, Bayandaevsky and Ehirit-Bulagatsky districts) are assessed mainly as “good” and “satisfactory” according to the main agrophysical and agrochemical indicators (sometimes “excellent”, rarely “unsatisfactory”). Excellent soil condition is observed in the background areas untouched by human economic activity. The soils of the arable lands used near large settlements in almost all areas require the introduction of mineral potash and phosphorus fertilizers, less often nitrogen (mineral or organic). There is a reserve of agricultural land for use in the form of abandoned land, but sometimes they need agrochemical, agrotechnical and other measures, since the soils have not yet recovered enough.

**Key words:** soil indicators, agricultural use of land, mapping, assessment of the level of soil fertility, Baikal region

**For citation:** Belozertseva I.A., Lopatina D.N. Soils of the most productive agricultural lands of the Irkutsk region: mapping, use, assessment of the current stat. *Agrarian science.* 2024; 389(12): 125–132 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-125-132>

## Введение/Introduction

Иркутская область составляет 4,5% от площади всей России. На значительной части территории области располагаются горные хребты, нагорья, средневысотные плато. Большую часть земель области (более 70%) занимают земли под лесной растительностью. Площадь земель сельскохозяйственного назначения составляет около 4% по области, из них около половины — заброшенные сельскохозяйственные земли. 7% территории области находятся в пользовании предприятий и хозяйств, занимающихся сельскохозяйственным производством [1].

Согласно официальной статистике Росстата<sup>1</sup>, площадь сельскохозяйственных земель в Иркутской области в 1990 г. составляла 1,57 млн га, а в 2016-м — 0,71 млн га. С развалом колхозов и совхозов были заброшены около 50% бывших сельскохозяйственных угодий.

Иркутско-Черемховскую равнину с соседними остепненными участками, занимающую 11% площади территории области, сибирские ученые<sup>2</sup> называют «Иркутский амфитеатр», земли которых интенсивно используются в сельском хозяйстве.

В общем объеме производства сельское хозяйство наиболее развитых районов (Баяндаевского, Эхирит-Булагатского, Черемховского и др.) занимает до 60%. Основу сельского хозяйства составляют 194 сельхозорганизации. Первые места в производстве сельхозпродукции (зерна, картофеля, овощей, молока, мяса, яиц и пр.) занимают объединения СХПК «Усольский свинокомплекс», ОАО «Белореченское», СПК «Окинское», ООО «Саянский бройлер» и ОАО «Иркутский масложиркомбинат».

Многие предприятия животноводства сами себя обеспечивают растительными кормами, занимаются и земледелием. В области 3266 крестьянско-фермерских хозяйств<sup>1</sup>.

Многие работы посвящены оценке современного состояния российских сельхозугодий и повышению уровня плодородия почв [2–6]. Ученые отмечают малое содержание основных элементов питания растений в почвах сельскохозяйственных угодий в разных регионах страны. В.Г. Сычев, С.А. Шафран, С.Б. Виноградова пишут: «Многочисленные эксперименты показали, что увеличить урожайность можно только за счет систематического и целенаправленного использования удобрений, химической мелиорации и средств защиты растений...» [2].

По оценкам ВНИИ агрохимии, при использовании удобрений производство зерна возрастает в 2 раза и более. Со времени перестройки произошло сокращение применения удобрений. «Баланс питательных веществ в агропочвах в стране стал складываться в негативную сторону, объем их выноса из почв вырос в 3–4 раза относительно поступления» [4]. Эти отрицательные изменения свойственны нечерноземным регионам, к которым относятся и исследуемые районы. Процесс восстановления сельского хозяйства в отдаленных регионах только начинается, в том числе и в области.

Агрохимической характеристике почв Иркутской области и прилегающих территорий посвящены работы разных авторов. А.А. Шпедт и соавт. [7] дали краткую сравнительную характеристику некоторых почвенных показателей и климатических условий формирования почв сельскохозяйственных земель Красноярского края, Иркутской области, Республики Бурятия. А.А. Козлова, И.А. Белозерцева, Д.Н. Лопатина [8] рассмотрели разнообразие и закономерности пространственного распространения почв Южного Предбайкалья, составили карту почв исследуемой территории. Л.Л. Убугунов [9] дал характеристику почвенным ресурсам Республики Бурятия, агроэкологическому состоянию и рациональному использованию почв. В.А. Серышев и В.И. Солодун [10, 11] предложили методические принципы агроландшафтного районирования Иркутской области. Ш.Д. Хисматуллин составил карту эрозии почв сельскохозяйственных земель Иркутской области [12]. Л.И. Калеп [13] занималась проблемами использования почв сельскохозяйственных земель, составлена карта землепользования в Иркутской области.

А.В. Мартынов и соавт. опубликовали карту «Почвенное районирование. Атлас Байкальского региона»<sup>3</sup>. В.А. Кузьмин составил карту «Почвенно-географическое районирование. Атлас Иркутской области»<sup>2</sup>, Ш.Д. Хисматуллин и соавт. — карты «Эрозия почв», «Трансформация пахотных земель»<sup>4</sup>, И.А. Белозерцева и соавт. — карту «Почвы. Экологический атлас Байкальского региона»<sup>5</sup>. О.Г. Лопатовской и А.А. Сугаченко осуществлено природно-мелиоративное районирование Приангарья<sup>6</sup>.

Несмотря на то что в регионе имеются относительно большие площади заброшенных земель, только авторами ранее были проведены единичные работы [1] по исследованию почв залежных сельскохозяйственных земель Иркутской области с целью их возможного возвращения в сельскохозяйственный оборот. Региональных работ, проведенных другими учеными, связанных с обследованием постагрогенных почв Иркутской области, нет. В связи с этим исследование авторов актуально, имеет практическое значение для развития региона и страны в целом. Возвращение залежных земель в производство может рассматриваться как потенциал увеличения сельскохозяйственного производства. Использование этого потенциала позволит уменьшить импорт продовольствия и поддержать отечественных производителей сельхозпродукции в Сибири.

*Цели исследования* — составить карту почв наиболее освоенной части Иркутской области (Южного Предбайкалья) на основе новой классификации почв России; создать карту используемых и залежных сельскохозяйственных земель, дать оценку уровню плодородия почв и возможности возврата заброшенных земель в сельскохозяйственный оборот.

<sup>1</sup> Росстат. [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/VSPX\\_2016\\_T\\_3\\_web.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/VSPX_2016_T_3_web.pdf) (дата обращения: 10.07.2024).

<sup>2</sup> Кузьмин В.А. Почвенный покров. Почвенно-географическое районирование. Атлас Иркутской области. Иркутск, М.: ИГ СО РАН. 2004; 40–41.

<sup>3</sup> Мартынов А.В., Мартынов В.П., Цыбжитов Ц.Х., Кузьмин В.А. Карта почвенного покрова. М 1 : 2 500 000. Байкал. Атлас. М.: Федеральная служба геодезии и картографии. 1993; 130–131.

<sup>4</sup> Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. М.; Иркутск: ИГ СО РАН. [http://irkipedia.ru/content/irkutskaya\\_oblast\\_ekologicheskie\\_usloviya\\_razvitiya\\_atlas\\_2004](http://irkipedia.ru/content/irkutskaya_oblast_ekologicheskie_usloviya_razvitiya_atlas_2004) (дата обращения: 10.07.2024).

<sup>5</sup> Белозерцева И.А., Убугунов Л.Л., Сороковой А.А., Убугунов В.Л., Доржготов Д., Убугунова В.И., Гынинова А.Б., Батхишиг О., Бадмаев Н.Б., Балсанова Л.Д., Гончиков Б.Н., Цыбикдоржиев Ц.Д.-Ц. Почвы. Экологический атлас Байкальского региона [электронный ресурс геопортала]. Карта № 57. <http://atlas.isc.irk.ru> (дата обращения: 10.07.2024).

<sup>6</sup> Лопатовская О.Г., Сугаченко А.А. Мелиорация почв. Засоленные почвы: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во Иркутского государственного университета. 2010; 101.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

В 2023–2024 гг. отобраны более 300 почвенных образцов из 87 основных разрезов и 65 прикопок в соответствии с действующим ГОСТ 58595-2019<sup>7</sup> на пахотных и залежных землях и на фоновых участках. Объект исследования — почвы Иркутского, Черемховского, Боханского, Осинского, Баяндаевского и Эхирит-Булагатского районов Иркутской области. Систематика почв проведена по принципам «Классификации и диагностики почв России»<sup>8</sup>.

Химико-аналитические исследования проведены в соответствии с общими требованиями в Химико-аналитическом центре Института географии Сибирского отделения Российской академии наук.

Величина pH определена потенциометрическим методом<sup>9</sup>, содержание гумуса — методом Турина<sup>10</sup>.

Для определения содержания подвижного калия и фосфора применен метод Кирсанова (Мачигина)<sup>11</sup>.

Метод ЦИНАО применялся для обменного аммония<sup>12</sup> и нитратов<sup>13</sup>, метод Савинова — для структурности почв<sup>14</sup>.

В Quantum-GIS (разработчик Фонд по открытому геопространственному программному обеспечению, OSGeo, Россия) создана карта-схема землепользования района с использованием крупномасштабных карт (топографических, космических и авиационных снимков), описаний основных площадок.

Для создания карт используемых и неиспользуемых земель в сельском хозяйстве применили космоснимки (LandsatLookViewer, SRTM и др.) 1988, 2013 и 2023 гг.<sup>15, 16</sup>

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

С помощью полевых и камеральных работ созданы карты: почвенная, использования земель Южного Предбайкалья и прилегающей территории в 1988, 2013 и 2023 гг. (рис. 1, 2, табл. 1).

На территории наиболее освоенных земель в сельском хозяйстве распространены почвы темногумусовые, черноземы, черноземы глинисто-иллювиальные (глееватые), серые, дерново-подзолистые. По долинам рек находится комплекс аллювиальных почв (слоисто-аллювиальные, аллювиальные гумусовые, торфяно(перегнойно)-глеевые), встречаются черноземы глинисто-иллювиальные глеевые, гумусово-гидроморфические, перегнойно-гидроморфические и другие почвы. Большая часть земель с черноземами, серыми и темногумусовыми почвами обрабатывалась, часть их заброшена.

Используемые в сельском хозяйстве земли заняты антропогенными аналогами природных почв (агроземы темные, агрочерноземы глинисто-иллювиальные, агротемногумусовые, агросерые и др.) на месте естественных черноземов, темногумусовых,

Таблица 1. Легенда к карте «Почвы Южного Предбайкалья и прилегающей территории»

Table 1. Legend to the map “Soils of the Southern Pre-Baikal Region and the Adjacent Territory”

№ контура	Основные	Сопутствующие	Редко встречающиеся
<i>Почвы подтайги на водоразделах, склонах северной и южной экспозиции</i>			
1	Дерново-подзолы глеевые, литоземы	Торфяно-подзолы глеевые, петроземы	Торфяно-подбуры глеевые
2	Подзолы	Торфяно-подзолы	Торфяно-литоземы, петроземы
3	Дерново-подзолы	Торфяно-подзолы	Торфяно-подбуры
4	Дерново-подзолистые	Подзолистые типичные	Подбуры грубогумусированные
5	Подзолистые остаточнокarbonатные	Дерново-подзолистые остаточнокarbonатные	Карболитоземы, карбопетроземы
6	Дерново-подзолистые, в том числе остаточнокarbonатные	Дерново-подзолы	Подбуры
7	Дерново-подбуры	Подбуры	Дерново-подзолистые
8	Торфяно-подзолы	Торфяно-подзолистые остаточнокarbonатные	Карболитоземы, карбопетроземы
9	Торфяно-подбуры	Дерново-подбуры	Дерново-подзолистые
10	Торфяно-подзолистые глееватые	Дерново-подзолистые	Подзолистые
11	Торфяно-подзолистые остаточнокarbonатные	Торфяно-подзолистые	Торфяно-литоземы
12	Дерново-подзолистые, дерново-подбуры	Дерново-подзолистые остаточнокarbonатные	Карболитоземы, темногумусовые глееватые
13	Подзолистые грубогумусовые	Дерново-подзолистые, буроземы темные остаточнокarbonатные	Торфяно-подзолисто-глеевые, карболитоземы
14	Торфяно-подбуры	Дерново-подзолистые	Торфяно-подбуры
16	Буроземы грубогумусовые	Буроземы оподзоленные	Дерново-подзолистые
<i>Почвы лесостепи на склонах северной и южной экспозиции</i>			
17	Серые метаморфические	Серые, дерново-подзолистые	Темногумусовые, в том числе остаточнокarbonатные
18	Серые	Темно-серые, темногумусовые остаточнокarbonатные	Серые метаморфические
19	Темно-серые метаморфические	Темногумусовые остаточнокarbonатные	Серые метаморфические
21	Темногумусовые	Черноземы глинисто-иллювиальные (глеевые)	Серые, серогумусовые
<i>Почвы настоящей и сухой степи на южных склонах</i>			
15	Дерново-подзолистые остаточнокarbonатные	Серогумусовые, каштановые, каштановидные	Серые, литоземы серогумусовые, светлогумусовые
20	Темно-серые	Серые, темногумусовые остаточнокarbonатные	Темно-серые метаморфические, черноземы, в том числе засоленные
<i>Почвы долин рек</i>			
22	Аллювиальные торфяно-минеральные и торфяно-глеевые	Аллювиальные перегнойно-глеевые и темногумусовые (глеевые)	Слоисто-аллювиальные гумусовые, торфяно-криоземы глееватые
23	Слоисто-аллювиальные гумусовые	Аллювиальные торфяно-глеевые и перегнойно-глеевые	Аллювиальные гумусовые глеевые, торфяно-криоземы
24	Аллювиальные гумусовые, темногумусовые метаморфизованные	Перегнойно-темногумусовые, черноземы	Аллювиальные темногумусовые, слоисто-аллювиальные (гумусовые)

<sup>7</sup> ГОСТ Р 58595-2019. Почвы. Отбор проб.

<sup>8</sup> Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН [электронный ресурс]. <http://soils.narod.ru/obekt/obekt.html> (дата обращения: 10.07.2024).

<sup>9</sup> ГОСТ 26212-91 Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО.

<sup>10</sup> Ариушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ. 1970; 487.

<sup>11</sup> Теория и практика химического анализа почв. Ред. Л.А. Воробьева. М.: ГЕОС. 2006; 399.

<sup>12</sup> ГОСТ 26489-85 Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО.

<sup>13</sup> ГОСТ 26488-85 Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО.

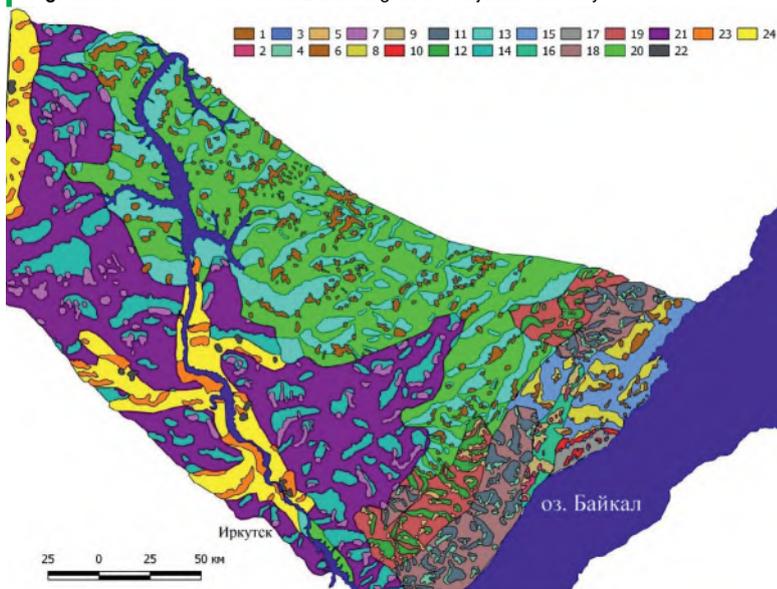
<sup>14</sup> Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат. 1986; 416.

<sup>15</sup> Landsat Look Viewer [электронный ресурс]. <http://landsatlook.usgs.gov/viewer.html> (дата обращения: 10.07.2024).

<sup>16</sup> SRTM Tile Grabber [электронный ресурс]. <http://dwtkns.com/srtm/> (дата обращения: 10.07.2024).

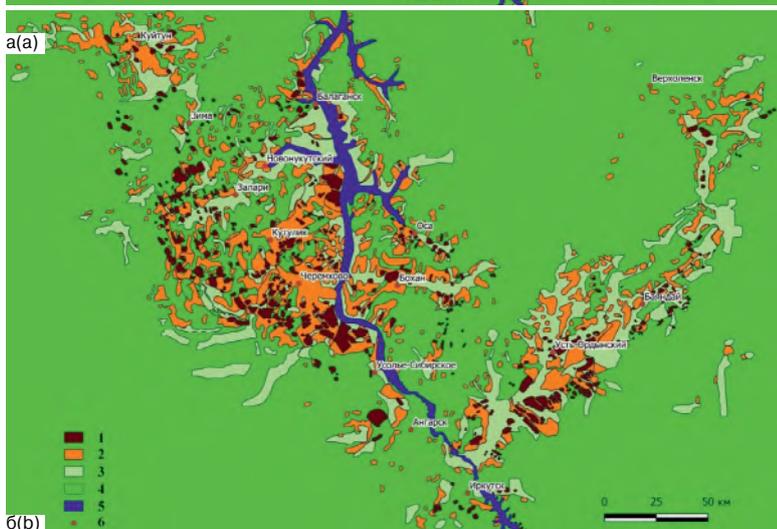
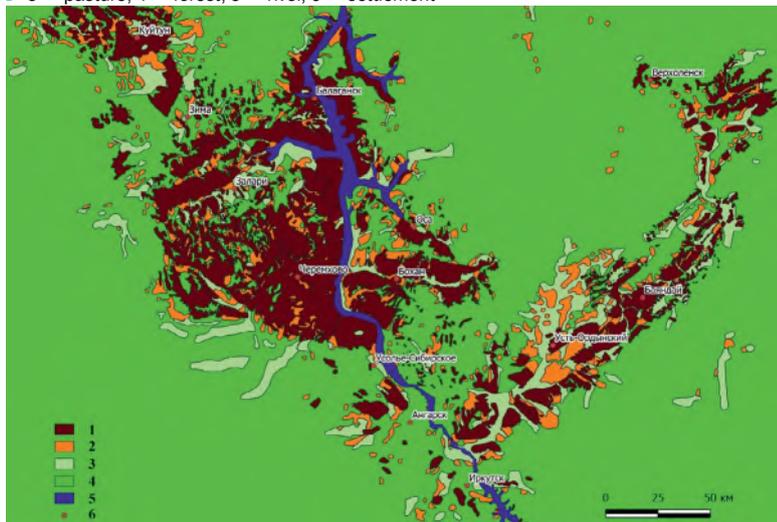
**Рис. 1.** Почвы Южного Предбайкалья и прилегающей территории

**Fig. 1.** Soils of the Southern Pre-Baikal Region and Adjacent Territory



**Рис. 2.** Площади сельскохозяйственных земель в 1988 г. (а), 2013 г. (б) и 2023 г. (в): 1 — пашня, 2 — залежь, 3 — пастбище, 4 — лес, 5 — река, 6 — населенный пункт

**Fig. 2.** Agricultural land areas in 1988 (a), 2013 (b) and 2023 (c): 1 — arable land, 2 — fallow, 3 — pasture, 4 — forest, 5 — river, 6 — settlement



<sup>18</sup> Рожков Е. «Ножки Буша» опасны для здоровья. «Вести недели». РТР. Архивная копия от 17 октября 2007 года на Wayback Machine. — URL: <https://vesti7.ru/archive/news?id=616> (дата обращения: 12.05.2024).

<sup>19</sup> Урусевская И.С., Алябина И.О., Винокова В.П. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации [карта]; науч. ред.: акад. РАН Г.В. Добровольский, И.С. Урусевская. М 1 : 1 : 2 500 000. М.: МГУ. 2013.

<sup>20</sup> Будыко М.И. Климат и жизнь. Л.: Гидрометеиздат. 1971; 470.

<sup>21</sup> Экологический атлас Байкальского региона. Иркутск: РАН [электронный ресурс геопортала]. <http://atlas.isc.irk.ru> (дата обращения: 10.07.2024).

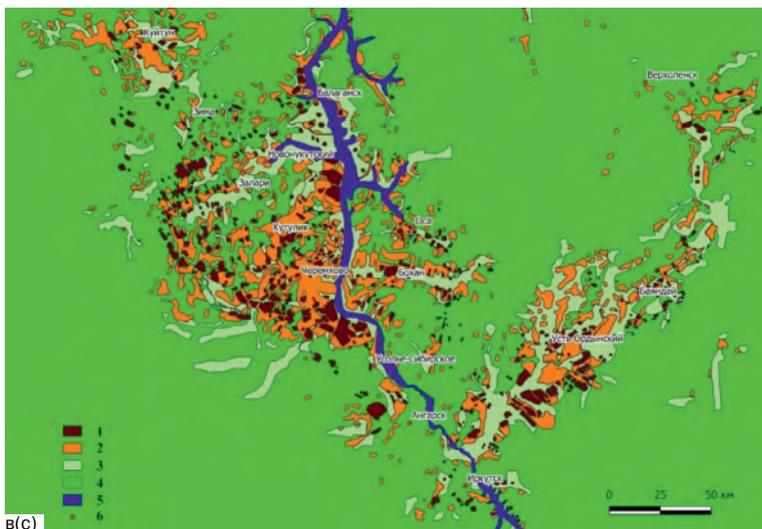
серых почв и др. Ранее природные почвы района формировались на суглинистых отложениях под степями и светлехвойными кустарничково-травяными лесами. Значительная часть пахотных земель расположена вблизи основных населенных пунктов.

По данным составленных карт в 2023 году, 34% наиболее освоенных районов области составляют сельскохозяйственные земли (из них 46% — заброшены, 14% — отведены под пашни, 32% — пастбища, сенокосы). Остальная территория исследуемых районов составляет 54% от общей площади — это главным образом земли под лесами и населенными пунктами.

В 1988 году весь потенциал сельскохозяйственных земель практически использовался полностью под пашни. С 1990 годов после перестройки государственной системы произошло увеличение площади заброшенных земель. В результате возникли временные социально-экономические проблемы, которые уже решаются. Процесс возрождения отечественного сельского хозяйства ускорился в последние годы из-за западных санкций, когда их продукция (зачастую некачественная) ушла с рынка<sup>18</sup> [14].

За последние 10 лет площадь пахотных земель в исследуемых районах несколько увеличилась (на 13%) [1]. Возвращение заброшенных земель в оборот может рассматриваться как потенциал увеличения сельскохозяйственного производства.

Условия произрастания культурных растений в наиболее освоенной Иркутско-Черемховской равнине одни из лучших по Иркутской области, так как представляют участок суббореального пояса, окруженного горными провинциями бореального пояса<sup>19</sup>. Выровненный рельеф, средняя высота над уровнем моря — 600–700 м, от 400 до 1509 м. Естественная растительность представлена сосновыми и лиственнично-сосновыми травяными и мелкотравно-разнотравными, остепненными лесами и лугами, степями высокой и средней продуктивности (40–80 ц/га). Условия недостаточного увлажнения (коэффициент сухости от 1,5 до 2,5 по<sup>20</sup>), умеренно теплые и теплые (сумма активных температур  $\Sigma_t$  от 1400 до 1800 °C<sup>21</sup>). Периодически наблюдается засухливость первой половины лета. Породы: аргиллиты, алевролиты, бескарбонатные



песчаники, известняки, красноцветные карбонатно-силикатные отложения. Многолетняя мерзлота отсутствует, теплый период с температурой воздуха более 10 °С — 90–104 дня, количество месяцев с отрицательной температурой воздуха — 5–6 месяцев. Земли под лугово-степной растительностью с черноземами, темногумусовыми, перегнойно(гумусово)-гидроморфическими, серыми, аллювиальными гумусовыми и перегнойно-глеевыми почвами занимают более 50% площади основных освоенных районов и пригодны для земледелия и выпаса скота.

В качестве индикаторов уровня плодородия почв рекомендуется использовать следующие показатели: реакцию среды, плотность, содержание гумуса, основных элементов питания растений (азота, фосфора, калия), физической глины, агрономически ценных агрегатов.

Известно, что накопление нитратов в почве свидетельствует о ее хорошем «санитарном» состоянии: те же физические и химические свойства и условия, которые благоприятны для большинства культурных растений. Мобильность в почве отмечаются нитраты. Относительно малоподвижен в почве аммонийный азот. Шкала и гигиеническая норма содержания аммонийного азота в почвах пока не разработаны, так как этот показатель динамичен, а увеличение его количества не оказывает токсического воздействия на культурные растения.

Агрономически ценные агрегаты (0,25–10 мм) положительно влияют на воздухопроницаемость и

водопроницаемость. Нормальной плотностью почв принято считать показатели до 1,0–1,1 г/см<sup>3</sup>, переуплотненные — со средней степенью уплотнения 1,3–1,5 г/см<sup>3</sup> и с сильной степенью уплотнения более 1,5 г/см<sup>3</sup> [15].

На основе полученных результатов и различным шкалам<sup>22, 23</sup> составлена схема качественной оценки состояния почв по реакции среды, плотности, содержанию гумуса, нитратов, подвижного фосфора и калия (для зерновых культур), физической глины, агрономически ценных агрегатов (табл. 2).

Сводные показатели по сумме баллов отдельных показателей (ОП — оценка плодородия почв) приведены в таблице 3. Однако обобщающие характеристики и оценки маскируют плохое состояние отдельных показателей. Поэтому, принимая во внимание законы равнозначности, незаменимости и лимитирующего фактора, была разработана оценка состояния уровня плодородия почв в экспоненциальной форме (индекс плодородия — ИП), при этом указана оценка всех показателей. Например, ИП первой площадки (табл. 2):

$$\frac{pH_5 C_4 P_3 \Gamma_5}{N_2 K_2 D_2 A_1}$$

где:  $pH_5$  — реакция водной вытяжки (актуальная кислотность) (состояние — отличное);  $C_4$  — содержание гумуса выше среднего (хорошее);  $P_3$  — содержание подвижного фосфора среднее (удовлетворительное);  $\Gamma_5$  — содержание физической глины низкое (отличное);  $N_2$  — содержание нитратного азота низкое (неудовлетворительное);  $K_2$  — содержание подвижного калия низкое (неудовлетворительное);  $D_2$  — плотность почв высокая (неудовлетворительная);  $A_1$  — содержание агрономически ценных агрегатов очень низкое (плохое).

Используемые в ИП показатели:  $pH$  — актуальная кислотность,  $C$  — содержание гумуса,  $N$  — содержание нитратного азота,  $P$  — содержание фосфора,  $K$  — содержание калия,  $A$  — содержание агрономически ценных агрегатов,  $\Gamma$  — содержание физической глины,  $D$  — плотность почв. Числитель дает показатели с удовлетворительными (3), хорошими (4) и отличными (5) состояниями, а в знаменателе — с неудовлетворительными (2) и плохими (1).

Таблица 2. Шкала оценки состояния почв по показателям:  $pH_{водн.}$ , плотность, содержание физической глины, агрономически ценных агрегатов, гумуса, нитратов, подвижного фосфора и калия

Table 2. Scale for assessing the state of soils by indicators:  $pH_{H_2O}$ , density, content of physical clay, agronomically valuable aggregates, humus, nitrates, mobile phosphorus and potassium

$\frac{pH_{H_2O}}{pH_{KCl}}$	ПЗ	$P_2O_5$ , мг/кг	$K_2O$ , мг/кг	$N-NO_3$ , мг/кг	Гумус, %	A, %	K	$\Gamma$ , %	$D$ , г/см <sup>3</sup>	ОП	ΣБ
$\frac{< 4,5}{< 4,0}$	сильная	< 25	< 100	< 4, > 130	< 1	< 20	очень низкое	> 40	> 1,5	плохое 1	< 16
$\frac{4,6-5,5}{4,1-4,5}$		26–50	101–200	4–8	2,1–3,0	20–40	низкое	< 10	1,3–1,5	неудовлетворительное 2	16–20
$\frac{5,1-5,5}{4,6-5,0}$	средняя	51–100	201–300	8–15	3,1–5,0	40–60	среднее	10–20	1,2–1,3	удовлетворительное 3	20–24
$\frac{5,6-6,0}{5,1-5,5}$	слабая	101–150	301–400	15–20	5,1–8,0	60–80	выше среднего	20–30	1,2–1,1	хорошее 4	24–30
$\frac{> 6,1}{> 5,6}$		не требуется	> 150	> 400	20–130	> 8,0	> 80	высокое	30–40	< 1,1	отличное 5

Примечание: ПЗ — потребность в известковании; A — содержание агрономически ценной структуры (%); K — уровень содержания фосфора, калия, нитратов, гумуса и агрономически ценных агрегатов;  $\Gamma$  — содержание физической глины (частиц < 0,01 мм); D — плотность оценивалась по шкале [20–22]; ОП — оценка состояния плодородия почв по вышеприведенным показателям; Б — балл; K — состояние плодородия почв; ΣБ — сумма баллов.

<sup>22</sup> Воробьева Г.А., Киселева Н.Д. Морфоаналитическая диагностика почв. Имитационно-обучающий тренинг по интерпретации результатов исследования почв. Иркутск: ИГУ, 2023; 145.

<sup>23</sup> Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных угодий и рекомендации по применению удобрений в МО «Усть-Алтан» Осинского района Иркутской области. Ред. Бутырин М.В. Иркутск: ФГБУ ЦАС «Иркутский». 2009; 27.

Из ИП первого участка видно, что почвы на данной площадке по таким показателям, как реакция среды, содержание гумуса, подвижного фосфора и фракций физической глины, находятся в благоприятном состоянии (отличном, хорошем и удовлетворительном). В плохом и неудовлетворительном состоянии находятся плотность,

содержание нитратов, калия и агрономически ценных агрегатов. По сумме баллов всех показателей (ОП = 23) почвы находятся в удовлетворительном состоянии (У).

По предложенной схеме проведена оценка уровня плодородия почв некоторых ключевых участков района в баллах и в виде индекса (табл. 3).

**Таблица 3. Основные показатели почв некоторых ключевых площадок Иркутского, Черемховского, Бокханского, Осинского, Баяндаевского и Эхирит-Булагатского районов Иркутской области, оценка уровня их плодородия**

**Table 3. Some soil indicators of the main key sites of the Irkutsk, Cherekhovsky, Bokhansky, Osinsky, Bayandaevsky and Ekhirit-Bulagatsky districts of the Irkutsk region, assessment of their fertility level**

Местоположение	Растительность, использование	Почва	Гор	pH <sub>водн.</sub>	Гумус, %	N-NH <sub>4</sub> , мг/кг	N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	K <sub>2</sub> O, мг/кг	Г, %	D, г/см <sup>3</sup>	A, %	ΣБ ОП	ИП	
<b>Иркутский район</b>															
2,5 км на север от с. Баклаши, около пос. Пионерск	пар	агрозем	P	6,6 5	7,1 4	3,09	4,8 2	76 3	67 2	40 5	1,49 2	3,6 1	23	У	$\frac{\rho H_5 C_4 P_3 G_5}{N_2 K_2 D_2 A_1}$
3 км на север от с. Баклаши, вблизи пос. Пионерск	фон, сосняк злаково-разнотравный	дерново-подзолистая	AУ	6,1 5	9,1 5	32,34	0,7 1	715 5	408 5	31 5	0,8 55	40,2 4	33	О	$\frac{\rho H_5 C_5 P_5 K_5 G_5 A_4 D_5}{N_1}$
Около пос. Новолисиха	пашня	агрозем	A	5,8 4	0,6 1	4,75	16,6 4	3 1	22 1	24 4	1,35 2	24,7 2	19	Н	$\frac{\rho H_4 N_4 G_4}{C_1 P_1 K_1 D_2 A_2}$
В 2 км на северо-восток от с. Пивовариха	залежь 20 лет, разнотравно-злаковый луг с сорной растительностью и подростом сосны	агрозем	P	5,6 4	3,5 3	8,90	0,7 1	68 3	124 2	46 1	1,07 1	54,1 3	22	У	$\frac{\rho H_4 C_3 P_3 D_5}{N_1 K_2 G_1 A_3}$
<b>Черемховский р-н</b>															
1 км на север от пос. Касьяновка	фон злаково-разнотравный с осокой оспенный луг	чернозем глинисто-иллювиальный глееватый	AУ	6,9 5	12,2 5	30,1	2,5 3	160 5	498 5	43 1	0,61 5	68 2	26	О	$\frac{\rho H_5 C_5 N_3 P_5 K_5 D_5}{G_1 A_2}$
2,5 км на северо-запад от дер. Петровка	пар, сурепка, сорная растительность	агрозем темный	PУ	6,9 5	3,7 3	7,3	11,7 3	35 2	110 2	57 1	1,56 1	60 3	15	Н	$\frac{\rho H_5 C_3 N_3 A_3}{P_2 K_2 G_1 D_1}$
500 м на северо-запад от г. Михайловка	залежь 8 лет, осоково-разнотравно-злаковый луг с сорной растительностью и всходами сосны	агрозем темный	PУ	7,9 5	4,2 3	7,4	0,8 1	17 1	46 1	48 1	1,33 2	6 1	9	П	$\frac{\rho H_5 C_3}{N_1 P_1 K_1 G_1 A_1 D_2}$
<b>Эхирит-Булагатский и Баяндаевский р-ны</b>															
2 км на северо-запад от пос. Усть-Ордынский	пашня, рожь	агрочернозем глинисто-иллювиальный	PУ	7,2 5	5,4 4	5,34	1,80 1	39 2	175 2	41 1	1,48 2	24,4 2	14	Н	$\frac{\rho H_5 C_4}{N_1 C_2 P_2 K_2 G_1 D_2 A_2}$
2,5 км на северо-восток от с. Капсал	залежь около 20 лет, разнотравно-злаковая степь с польницей и сорной растительностью	агрозем темный	PУ	7,9 5	5,2 4	17,06	35,70 5	142 4	498 5	51 1	1,01 5	57,4 3	28	О	$\frac{\rho H_5 C_4 N_5 P_4 K_5 D_3 A_3}{G_1}$
1,2 км на северо-запад от с. Покровка	пар, овес с сорной растительностью	аллювиальная агроперегнойно-глеевая	PУ	8,2 5	19,0 5	12,22	17,20 4	39 2	408 5	55 1	1,21 3	43,0 3	23	Х	$\frac{\rho H_5 C_5 N_4 K_5 D_3 A_3}{P_2 G_1}$
1,5 км на север от дер. Боходдой	фон, разнотравно-осоково-злаковый заболоченный луг	аллювиальная перегнойно-глеевая	Н	8,2 5	16,4 5	-	18,1 4	78 3	670 5	36 5	0,60 5	9,7 1	28	О	$\frac{\rho H_5 C_5 N_4 K_5 G_5 D_5}{P_2 A_1}$
<b>Бокханский и Осинский р-ны</b>															
2 км на северо-восток от с. Вершина, склон к долине р. Иды	фон, березово-сосновый разнотравный лес	темно-серая	AУ	6,7 5	6,1 4	37,5	51,8 5	101 4	390 4	32 5	0,80 5	96 5	37	О	$\rho H_5 C_4 N_5 P_4 K_4 A_5 G_5$
8,5 км на юг от дер. Тараса	пашня, донник, овес	агросерая	PУ	6,6 5	5,1 4	5,0	15,8 4	44 2	115 2	23 4	1,29 3	56 3	27	Х	$\frac{\rho H_5 C_4 N_4 A_3 G_4}{P_2 K_2}$
дер. Черниговская	пар, сорная растительность	агрочернозем	PУ	7,9 5	5,4 4	11,3	8,1 3	49 2	200 3	21 4	1,21 3	71 4	28	Х	$\frac{\rho H_5 C_4 N_3 A_4 G_4}{P_2 K_2}$
1 км на восток от дер. Грехневка	фон, елово-березово-сосновый разнотравно-зеленомошный лес	дерново-подзолистая	AУ	5,9 4	5,2 4	36,3	36,0 5	109 4	230 3	19 3	0,60 5	73 4	31	О	$\rho H_4 C_4 N_5 P_4 K_5 A_4 G_3$
1 км на запад от с. Харатинген	фон, разнотравно-злаковое лугово-степное сообщество	чернозем	AУ	8,3 5	10,6 5	21,0	22,7 5	405 5	1000 5	33 5	1,00 5	97 5	40	О	$\rho H_5 C_5 N_5 P_5 K_5 A_5 G_5$
дер. Черниговская	пашня, сорная растительность	агрочернозем	PУ	7,9 5	5,4 4	11,3	8,1 3	49 2	200 3	21 4	1,14 2	71 4	27	Х	$\frac{\rho H_5 C_4 N_3 A_4 G_4}{P_2 K_2}$
дер. Захаровская	залежь более 30 лет, пастбище, разнотравно-злаковый луг	агрозем темный	PУ	7,2 5	7,7 4	13,8	8,7 3	325 5	950 5	39 5	0,90 5	71 4	36	О	$\rho H_5 C_4 N_3 P_5 K_5 A_4 G_5$

**Примечание:** D — плотность (г/см<sup>3</sup>); A — содержание агрономически ценных агрегатов (%); Г — содержание физической глины (%); ΣБ — сумма баллов; ОП — оценка плодородия почв в среднем по сумме баллов (отличное — О, хорошее — Х, удовлетворительное — У, неудовлетворительное — Н, плохое — П); состояние плодородия почв по отдельным компонентам: 5 — отличное, 4 — хорошее, 3 — удовлетворительное, 2 — неудовлетворительное, 1 — плохое; ИП — индекс плодородия, в нем содержание гумуса (С), нитратного азота (N), подвижного фосфора (P) и калия (K); в числителе — показатели в удовлетворительном, хорошем и отличном состоянии, в знаменателе — в неудовлетворительном и плохом состоянии.

Дерново-подзолистые, серые, черноземы глинисто-иллювиальные и их антропогенные аналоги в большинстве районов Иркутско-Черемховской равнины имеют близкую к нейтральной, нейтральную и слабощелочную реакцию ( $\text{pH}_{\text{водн}}$  от 7,3 до 6,5). Актуальная кислотность почв сельскохозяйственной варьирует от нейтральной до щелочной ( $\text{pH}_{\text{водн}}$  6,5–8,6), что обусловлено припадением нижних карбонатных горизонтов.

$\text{pH}_{\text{KCl}}$  солевой вытяжки используется для характеристики кислых почв и расчета нормативов внесения извести. В нашем случае кислые почвы не встречаются. Почвы в известковании не нуждаются. Исключение составили почвы Иркутского района, где иногда наблюдается слабокислая реакция ( $\text{pH}_{\text{водн}}$  5,6–6,0,  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  5,1–5,5) пахотных и естественных горизонтов, у них имеется слабая потребность в известковании.

Концентрация гумуса в почвах колеблется от низкого (2,6%) уровня на пашнях до высокого (14,2%) уровня на условно «фоновых» участках с естественной растительностью. В почвах большей части исследованных почв концентрация гумуса имеет значения среднего, выше среднего и высокого уровня (удовлетворительное, хорошее и отличное состояние). В агроземах под паром и на пашне (Эхирит-Булагатский и Иркутский районы) зафиксировано самое низкое содержания гумуса — 0,6–3,1%. В аллювиальных перегнойно-глеевых, аллювиальных агроперегнойно-глеевых, черноземах и агрочерноземах фоновых, используемых и заброшенных участков Баяндаевского, Боханского и Осинского районов наблюдается самая высокая концентрация гумуса — 12,1–19,0%.

Содержание подвижного фосфора в гумусовых горизонтах исследованных почв варьирует от низкого и очень низкого (5–39 мг/кг) на фоновых, используемых и залежных участках до высокого (230–715 мг/кг) в естественных ландшафтах, что связано с разнообразием пород. Около половины образцов почв изученных площадок имеют средневысокий уровень содержания калия (204–670 мг/кг). Высокая (более 400 мг/кг) и низкая (менее 50 мг/кг) концентрация калия установлена в почвах фоновых, используемых и заброшенных участков, что связано с разнообразием пород.

Содержание аммиачного азота в верхних горизонтах составляет 3,0–55,7 мг/кг. Концентрация нитратов в почвах не превышает гигиенические нормы (130 мг/кг), варьирует от 0,7 мг/кг (в Иркутском районе) до 60,7 мг/кг (в Боханском районе). Большинство исследуемых участков характеризуются содержанием нитратов в почвах от среднего до высокого. Содержание нитратов в дерново-подзолистых почвах под лесом, в черноземе и агрочерноземе глинисто-иллювиальном некоторых пашен и залежей очень низкое.

Самые высокие значения нитратов в почвах встречаются на пашнях (как следствие применения удобрений) и залежах более 20 лет вблизи заброшенных крупных скотоводческих ферм.

По содержанию физической глины (фракции частиц < 0,001 мм от 19 до 62%) почвы наиболее освоенных Черемховского, Баяндаевского и Эхирит-Булагатского районов в основном находятся в плохом состоянии, иногда в отличном, что связано в большей части с естественными факторами и наследовано от подстилающих пород. Лучшие значения данного показателя в почвах отдаленных районов — Боханском и Осинском.

Показатели плотности почв варьируют от 0,60 до 1,56 г/см<sup>3</sup> в верхних горизонтах почв наиболее освоенных районов, что говорит об их различном состоянии — от отличного до неудовлетворительного. Самые

высокие показатели плотности установлены в пахотных и подпахотных горизонтах почв Черемховского, Баяндаевского и Эхирит-Булагатского районов. Самые лучшие (низкие) показатели по плотности зафиксированы в почвах фоновой территории, в агропочвах отдаленных районов (Осинский и др.).

Содержание агрономически ценных агрегатов в гумусовых и пахотных горизонтах почв составляет от 10 до 84%, что свидетельствует о плохой — отличной структуре. Отличное состояние структуры зафиксировано в темногумусовых горизонтах фоновых участков и в подпахотных горизонтах агрочерноземов и агроземов темных под паром и залежью.

Таким образом, в связи с благоприятными климатическими условиями небольшого участка Иркутско-Черемховской равнины относительно всей области, окруженного средневысотными плато и горными хребтами, большая часть земель освоенных районов характеризуется положительными характеристиками агрохимических и агрофизических свойств.

Земли заброшенных сельскохозяйственных угодий при рациональном применении различных мероприятий пригодны для: производства зерна, картофеля, мяса и молока крупного рогатого скота; узкоспециализированной сельскохозяйственной деятельности (свинина, птица и яйцо, овощеводство, плоды и ягоды). Возможно выращивание ранних культур (зернобобовые, картофель, зерновые колосовые и др.). Рекомендуемые севообороты [11]: зернопаровые, зернопаропашные, зернопаротравяные, зерноотравяные, зернопаротравяные, овощные, картофельные.

### Выводы/Conclusion

В результате проведенных исследований выявлено, что состояние плодородия почв большей части площади используемой территории освоенных районов в сельском хозяйстве Иркутской области оценивается как благополучное. Составленные карты показывают, что 46% сельскохозяйственных земель в целом области заброшены, а в отдаленных районах — более 70%. Отличными показателями характеризуются почвы фоновых территорий, залежи более 20 лет и некоторых пашен отдаленных районов (например, Боханского и Осинского). Содержание подвижного фосфора и калия, физической глины в почвах сильно варьирует независимо от использования, что обусловлено разнообразием подстилающих пород.

В некоторых случаях наиболее освоенных центральных районов в ряду отрицательных характеристик почв находятся такие показатели, как плотность, содержание основных элементов питания, физической глины, агрономически ценных агрегатов. Часто в исследованных почвах во всех районах наблюдается малое количество подвижного фосфора и калия, иногда нитратного азота. Некоторые почвы сельскохозяйственной Иркутского района имеют слабую нуждаемость в известковании. Почвы большей части наиболее освоенных районов в известковании не нуждаются.

Почвы некоторых участков наиболее освоенных районов (Черемховского, Баяндаевского и Эхирит-Булагатского) находятся в плохом и удовлетворительном состоянии по показателям «содержание физической глины» и «содержание агрономически ценных агрегатов». Почвы на большей части заброшенных земель региона имеют хороший и средний уровень плодородия и могут быть введены в сельскохозяйственный оборот (иногда с применением агротехнических мероприятий, органических и минеральных удобрений).

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при финансовой поддержке регионального гранта Российского научного фонда и Министерства экономического развития и промышленности Иркутской области (проект № 23-27-10013 (05-62-824/24) «Трансформация постагрогенных почв и возможность их введения в сельскохозяйственный оборот в условиях интенсивного природопользования и глобальных изменений окружающей среды»).

## FUNDING

The study was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation (Project No. 23-27-10013 (05-62-824/24) "Transformation of Post-Agrogenic Soils and the Possibility of Their Introduction into Agricultural Circulation in Conditions of Intensive Environmental Use and Global Environmental Changes").

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лопатина Д.Н., Белозерцева И.А. Сельскохозяйственные земли бассейна р. Осы: использование и уровень плодородия. Региональные геосистемы. 2023; 47(3): 392–405. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2023-47-3-392-405>
2. Сычев В.Г., Шафран С.А., Виноградова С.Б. Плодородие почв России и пути его регулирования. *Агрохимия*. 2020; (6): 3–13. <https://doi.org/10.31857/S0002188120060125>
3. Сычев В.Г., Налиухин А.Н., Шевцова Л.К., Рухович О.В., Беличенко М.В. Влияние систем удобрения на содержание почвенного органического углерода и урожайности сельскохозяйственных культур: результаты длительных полевых опытов географической сети России. *Почвоведение*. 2020; (12): 1521–1536. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20120138>
4. Сычев В.Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования. М.: *Российская академия наук*. 2019; 328. ISBN 978-5-907036-01-7 <https://elibrary.ru/etpunh>
5. Подколзин А.И. Эффективность удобрений в земледелии Ставрополя. *АПК: экономика, управление*. 2000; (1): 82–84.
6. Агеев В.В., Есаулко А.Н., Стороженко А.Ю., Подколзин А.И. К вопросу биологизации систем удобрения в севооборотах. *Бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института агрохимии им. Д.Н. Прянишникова*. 2003; 117: 3–5.
7. Шпедт А.А. и др. Почвенно-экологическая оценка сельскохозяйственных земель Красноярского края, Иркутской области, Республики Бурятия. *Земледелие*. 2022; (1): 9–13. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-1-9-13>
8. Козлова А.А., Белозерцева И.А., Лопатина Д.Н. Почвы Южного Предбайкалья: разнообразие и закономерности пространственного распространения. *География и природные ресурсы*. 2021; 42(1): 103–114. <https://doi.org/10.15372/GIPR20210112>
9. Убугунов Л.Л. Почвенные ресурсы Республики Бурятия, их агроэкологическое состояние и рациональное использование. *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. 2020; (2): 35–46. <https://doi.org/10.34655/bgsha.2020.59.2.005>
10. Серышев В.А., Солодун В.И. Агрорландшафтное районирование Иркутской области. *География и природные ресурсы*. 2009; (2): 86–94. <https://elibrary.ru/ktvgzx>
11. Солодун В.И. Агрорландшафтное районирование Иркутской области. Иркутск: *Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского*. 2016; 215. <https://elibrary.ru/xqtpvb>
12. Хисматуллин Ш.Д. Эрозия на сельскохозяйственных землях Иркутской области. *География и природные ресурсы*. 1991; (4): 49–61.
13. Калеп Л.Л. К проблеме экологизации аграрного землепользования Байкальской природной территории. *География и природные ресурсы*. 2003; (2): 41–44.
14. Пехтерева Е.А. Регулирование внедрения ГМО в производство продуктов питания: пример Канады. *Россия и современный мир*. 2023; (1): 78–94. <https://doi.org/10.31249/rsm/2023.01.05>
15. Черемисинов А.Ю., Черемисинов А.А., Плотников С.А. Уплотнение орошаемых почв от воздействия сельскохозяйственных машин. *Лесотехнический журнал*. 2013; (4): 156–160. <https://elibrary.ru/rtvowl>

## ОБ АВТОРАХ

**Ирина Александровна Белозерцева**  
кандидат географических наук, заведующая лабораторией  
belozia@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-7995-2298>.

**Дарья Николаевна Лопатина**  
кандидат географических наук, старший научный сотрудник.  
daryaneu@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2696-0822>

Институт географии им. В.Б. Сочава Сибирского отделения Российской академии наук,  
ул. Улан-Баторская, 1, Иркутск, 664033, Россия

## REFERENCES

1. Lopatina D.N., Belozertseva I.A. Agricultural land of the Osa river basin: use and level of fertility. *Regional geosystems*. 2023; 47(3): 392–405 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2023-47-3-392-405>
2. Sychev V.G., Shafran S.A., Vinogradova S.B. Soil fertility in Russia and ways of its regulation. *Agrokhimiya*. 2020; (6): 3–13 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0002188120060125>
3. Sychev V.G., Naliukhin A.N., Shevtsova L.K., Rukhovich O.V., Belichenko M.V. Influence of Fertilizer Systems on Soil Organic Carbon Content and Crop Yield: Results of Long-Term Field Experiments at the Geographical Network of Research Stations in Russia. *Eurasian Soil Science*. 2020; 53(12): 1794–1808. <https://doi.org/10.1134/S1064229320120133>
4. Sychev V.G. The current state of soil fertility and the main aspects of its regulation. Moscow: *Russian Academy of Sciences*. 2019; 328 (in Russian). ISBN 978-5-907036-01-7 <https://elibrary.ru/etpunh>
5. Podkolzin A.I. The effectiveness of fertilizers in Stavropol agriculture. *AIC: economy, management*. 2000; (1): 82–84 (in Russian).
6. Ageev V.V., Esaulko A.N., Storozhenko A.Yu., Podkolzin A.I. On the issue of biologization of fertilizer systems in crop rotations. *Byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta agrokhimii im. D.N. Pryanishnikova*. 2003; 117: 3–5 (in Russian).
7. Shpedt A.A. et al. Soil and ecological assessment of agricultural lands in the Krasnoyarsk territory, Irkutsk region, and the Republic of Buryatia. *Zemledelie*. 2022; (1): 9–13 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-1-9-13>
8. Kozlova A.A., Belozertseva I.A., Lopatina D.N. Soils of Southern Cisbaikalia: Diversity and Spatial Distribution Patterns. *Geography and Natural Resources*. 2021; 42(1): 58–70. <https://doi.org/10.1134/S1875372821010091>
9. Ubugunov L.L. Soil resources of the Republic of Buryatia, agroecological conditions and rational use. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V.R. Philippov*. 2020; (2): 35–46 (in Russian). <https://doi.org/10.34655/bgsha.2020.59.2.005>
10. Seryshev V.A., Solodun V.I. Agro-landscape zoning of the Irkutsk region. *Geography and natural resources*. 2009; (2): 86–94 (in Russian). <https://elibrary.ru/ktvgzx>
11. Solodun V.I. Agro-landscape zoning of the Irkutsk region. Irkutsk: *Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky*. 2016; 215 (in Russian). <https://elibrary.ru/xqtpvb>
12. Khismatullin Sh.D. Erosion on agricultural lands of the Irkutsk region. *Geography and natural resources*. 1991; (4): 49–61 (in Russian).
13. Kalep L.L. To the problem of greening the agricultural land use of the Baikal natural territory. *Geography and natural resources*. 2003; (2): 41–44 (in Russian).
14. Pekhtereva E.A. Regulation of GMO integration in food production: the case of Canada. *Russia and the contemporary world*. 2023; (1): 78–94 (in Russian). <https://doi.org/10.31249/rsm/2023.01.05>
15. Cheremisinov A.Yu., Cheremisinov A.A., Plotnikov S.A. Consolidation of irrigated soils from the effects of agricultural machines. *Forestry Engineering Journal*. 2013; (4): 156–160 (in Russian). <https://elibrary.ru/rtvowl>

## ABOUT THE AUTHORS

**Irina Aleksandrovna Belozertseva**  
Candidate of Geographical Sciences, Head of the Laboratory  
belozia@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-7995-2298>.

**Daria Nikolaevna Lopatina**  
Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher  
daryaneu@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-2696-0822>

V.B. Sochava Institute of Geography  
of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,  
1 Ulan-Batorskaya Str., Irkutsk, 664033, Russia