

Плодородие степных почв Республики Хакасия

(✉) Алтаев А.А., Билтуев А.С., Уланов А.К.

*Бурятский научно-исследовательский институт сельского хозяйства –
филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий
Российской академии наук*

Улан-Удэ, Россия

(✉) e-mail: burniish@inbox.ru

Проведено почвенно-геоботаническое обследование основных эрозионно-опасных сельскохозяйственных ландшафтов степной зоны Республики Хакасия путем закладки шести реперных участков на полигонах, выбранных методом дистанционного зондирования Земли. На основании морфологического описания разрезов выделены следующие виды почв: обыкновенный и южный чернозем, темно-каштановая и каштановая. Проективное покрытие чернозема обыкновенного составило 58%, южного – 35–66%, темно-каштановой почвы – 60%, каштановой – 40%. Растительный покров на пахотных почвах представлен культурной и сорной растительностью, на пастбищах – разнотравными ассоциациями с мелко- и крупнодерновинными растениями настоящих степей. Генетические горизонты изученных разрезов соответствуют типу почв. Плодородие почв очень низкое, обусловленное как факторами почвообразования, так и дигрессионными процессами природного и антропогенного характера. Близкое залегание карбонатов от поверхности (20–35 см) при малом количестве осадков и преобладании выпотного водного режима привело к подщелачиванию верхнего (0–20 см) слоя почвы. Среди поглощенных оснований преобладает кальций. Его содержание относительно концентрации магния в 2,5 и 5,5 раза выше на каштановых и черноземных почвах соответственно. Наиболее плодородные почвы, сформированные в наиболее увлажненной Ширинской степи, содержат до 3,3–3,4% органического вещества. В почвах более сухих степей в южной части республики наблюдается снижение содержания органического вещества до 2,1–2,9%. В соответствии с содержанием органического вещества изменялась и концентрация общего азота в пределах 0,17–0,29 мг/кг. Отмечены средняя и высокая степени биогенной аккумуляции подвижных форм фосфора и калия в пахотном слое. Так, корреляция содержания подвижных фосфатов и калия с общим азотом составила 0,45 и 0,97 соответственно. Среднее содержание подвижных фосфатов зафиксировано в черноземах и темно-каштановой почве (15,3–23,6 мг/кг), низкое – в каштановой. Обеспеченность калием изменялась от очень высокой в почвах Ширинской степи до высокой и повышенной в южных черноземах и каштановых почвах Койбалской и Уйбатской степей.

Ключевые слова: Хакасия, сельскохозяйственные почвы, почвенная морфология, агрохимия

Fertility of steppe soils of the Republic of Khakassia

(✉) Altaev A.A., Biltuev A.S., Ulanov A.K.

*Buryat Research Institute of Agriculture – Branch of the Siberian Federal Scientific Centre
of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences*

Ulan-Ude, Russia

(✉) e-mail: burniish@inbox.ru

Soil-geobotanical survey of the main erosion-prone agricultural landscapes of the steppe zone of the Republic of Khakassia was carried out by laying six benchmark sites on the testing areas selected by the Earth remote sensing method. Based on the morphological description of the sections, the following soil types were identified: ordinary and southern chernozem, dark chestnut and chestnut soils. The projective coverage of ordinary black soil was 58%, southern black soil – 35–66%, dark chestnut soil – 60%, chestnut soil – 40%. Vegetation cover on the arable soils is represented by cultivated and weedy vegetation, on the pastures – by herbaceous associations with fine- and sod forming plants of true steppes. Genetic horizons of the studied sections correspond to the soil type. Soil fertility is very low due to both soil formation factors and natural and anthropogenic digression processes. The close occurrence of carbonates from the surface (20–35 cm) with low precipitation and predominance of

exudational water regime resulted in alkalization of the upper (0–20 cm) soil layer. Calcium predominates among the absorbed bases. Its content relative to magnesium concentration is 2.5 and 5.5 times higher on chestnut and chernozem soils, respectively. The most fertile soils formed in the most moistened Shirinsky steppe contain up to 3.3–3.4% of organic matter. In the soils of drier steppes in the southern part of the republic there is a decrease in organic matter content to 2.1–2.9%. The concentration of total nitrogen also varied in accordance with the organic matter content, ranging from 0.17–0.29 mg/kg. Medium and high degree of biogenic accumulation of mobile forms of phosphorus and potassium in the arable layer was noted. Thus, the correlation of mobile phosphate and potassium content with total nitrogen was 0.45 and 0.97, respectively. The average content of mobile phosphates was recorded in chernozems and dark chestnut soil (15.3–23.6 mg/kg), low – in chestnut soil. Potassium supply varied from very high in the soils of Shirinskaya steppe to high and elevated in southern chernozems and chestnut soils of Koibalskaya and Uibatskaya steppes.

Keywords: Khakassia, agricultural soils, soil morphology, agrochemistry

Для цитирования: *Алтаев А.А., Билтуев А.С., Уланов А.К. Плодородие степных почв Республики Хакасия // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 10. С. 13–24. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-10-2>*

For citation: Altaev A.A., Biltuev A.S., Ulanov A.K. Fertility of steppe soils of the Republic of Khakassia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 10, pp. 13–24. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-10-2>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Исследование проведено в рамках выполнения работ по теме «Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием Республики Хакасия», по Соглашению Бурятского научно-исследовательского института сельского хозяйства с Федеральным научным центром агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук № 05-11/ВИП ГЗ от 30 мая 2023 г.

Acknowledgements

The study was conducted as part of the work on the topic "National Action Program to Combat Desertification of the Republic of Khakassia", according to the Agreement of the Buryat Research Institute of Agriculture – branch of the SFSCA with the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences No. 05-11/VIP GZ dated May 30, 2023.

ВВЕДЕНИЕ

Республика Хакасия, расположенная в Алтае-Саянской горной области, входит в состав Сибирского федерального округа и является частью Восточно-Сибирского экономического района. На 1 января 2021 г. земельный фонд республики составлял 6156,9 тыс. га, из которых 30,4% (1871,9 тыс. га) занимали сельскохозяйственные угодья¹. Тенденции аридизации климата в мире обуславливают ряд негативных процессов, снижающих продуктивность аграрных угодий² [1], а повышение температуры в среднем по России с начала XX в. составило 0,9...1,1 °C [2]. Так, в южных районах Западной Сибири, в том числе в Рес-

публике Хакасия, основными факторами уязвимости земель являются и прогнозируются волны тепла, засухи, пыльные бури, суховеи, ветровые эрозии (см. сноску 2). На значительную потенциальную эрозионную опасность земледельческой части территории региона указывают и результаты научных изысканий Научно-исследовательского института аграрных проблем Хакасии [3–5].

В целом в типовом составе пахотных и постагrogenных почв на территории Хакасии преобладают черноземы разных подтипов: по увалам и холмам развиты в основном мало-мощные обыкновенные черноземы, ниже по южным склонам залегают южные, по северным склонам располагаются среднемощные

¹Доклад о состоянии и использовании земель в Республике Хакасия в 2020 г. / Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии. URL: <https://rosreestr.gov.ru/> (дата обращения: 06.10.2024).

²Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидации последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство)» / под ред. Р.С.-Х. Эдельгериева. М., 2021. Т. 3. 700 с.

обыкновенные, иногда выщелоченные черноземы. В долине встречаются солончаковатые и глубоко солончаковатые южные и обыкновенные черноземы. Каштановые почвы приурочены главным образом к равнинным элементам рельефа, которые соответствуют древним речным террасам [6]. Согласно агроэкологическому районированию территории Хакасии, в эрозионно-опасной земледельческой части республики выделено четыре агроландшафтных района (сухостепной Приабакано-Уйбатский, степной Саяно-Алтайский, лесостепной Саяно-Алтайский и подтаежный Саяно-Алтайский), семь агроэкологических групп и 11 типов земель [4, 5]. К Минусинской котловине приурочены основные степные пространства Хакасии – трансформированные мелкодерновинно-злаково-тырсовые, тырсово-типчаковые, осочково-типчаковые с тырсой и тонконогом и мелкополынно-осочковые степи³ [7].

Современный почвенный покров территории Хакасии по причине различий в геоморфологии районов и их истории весьма неоднороден. В пространственном распределении почв проявляются широтная зональность и вертикальная поясность [6, 8]. По степени гумусированности 41,6% (214,9 тыс. га) пашни относятся к слабо- и малогумусным (содержат менее 4% гумуса), 36,6% – к среднегумусным и только 21,8% почв характеризуются высокой степенью гумусированности. В целом по республике почвы содержат 4,7% гумуса, запасы его в слое 0–20 см составляют 95–110 т/га [8, 9].

Цель исследования – определить современный уровень плодородия основных эрозионно-опасных сельскохозяйственных ландшафтов степной зоны Республики Хакасия.

Задачи:

- 1) заложить почвенные разрезы и провести морфологическое описание типичных почв полигонов исследования;
- 2) провести геоботаническое обследование изучаемых агроландшафтов;

3) оценить плодородие исследуемых почв по почвенно-агрохимическим показателям;

4) выработать предложения по сохранению и восстановлению суходольных пастбищ, а также повышению их продуктивности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Бурятским научно-исследовательским институтом сельского хозяйства в рамках выполнения работ по теме «Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием» на территории Республики Хакасия в 2022 и 2023 гг. было заложено шесть реперных участков на полигонах, выбранных методом дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и последующего маршрутного почвенно-геоботанического обследования (см. рис. 1). Участки обследования располагались в основных эрозионно-опасных ландшафтах степной зоны на территории трех районов республики (см. табл. 1). Зона обследования может быть поделена на два агроландшафтных района, обладающих различным почвенно-климатическим потенциалом: Саяно-Алтайский (Ширинская степь) и Приабакано-Уйбатский сухостепной (Койбальские и Уйбатские степи) [5].

Согласно географическому районированию изучаемые участки расположены в различных географических точках Назаровско-Минусинской межгорной впадины: в пределах Чебаково-Балахтинской котловины в зоне расположения Ширинской озерно-котловинной степи (полигоны Борец и Целинное), в Минусинской котловине в зоне размещения Уйбатской (Заря, Весеннее) и Койбальской степей (Краснополье, Березовка).

Климатические характеристики агроландшафтных районов значительно различаются. Ширинская степь является умеренно сухой со среднегодовой суммой осадков 320–380 мм и ГТК = 0,8–0,12 (по Селянинову). Сухие Уйбатская и Койбальская степи отличаются большей аридностью: сумма осадков 250–300 мм, ГТК = 0,80 (по Селянинову)⁴.

³Гаджиев И.М., Королюк А.Ю., Титлянова А.А., Андриевский В.С., Гришина Л.Г., Косых Н.П., Кыргыс Ч.О., Романова И.П., Самбуу А.Д., Смелянский И.Э. Степи Центральной Азии: монография. Новосибирск, 2002. 299 с.

⁴Субрегиональная национальная программа действий по борьбе с опустыниванием для юга Средней Сибири Российской Федерации (Республика Хакасия, Республика Тыва, южные районы Красноярского края) / отв. ред. В.К. Савостьянов. Абакан, 2000. 260 с.



Рис. 1. Расположение реперных участков

Fig. 1. Location of the benchmark sites

Табл. 1. Почвенно-ландшафтная характеристика территории размещения реперных участков

Table 1. Soil-landscape characteristics of the territory of benchmark site location

Полигон	Почва	Вид деградации	Район	Ландшафт
Борец	Чернозем обыкновенный	Водная эрозия	Ширинский	Ширинская озерно-котловинная степь. Степной подгорный ландшафт
Целинное	Темно-каштановая	»	»	То же
Березовка	Чернозем южный	Водная эрозия, дефляция	Алтайский	Койбаловская степь. Степной южно-сибирский равнинный ландшафт
Краснополье	»	То же	»	То же
Весеннее	Каштановая	»	Усть-Абаканский	Уйбатская степь. Степной южно-сибирский равнинный ландшафт
Заря	Чернозем южный	»	»	То же

Отбор смешанных почвенных образцов проведен из слоя 0–20 см. Описание почв дано по классификации 1977 г.⁵ Химический анализ почв выполнен в аккредитованной испытательной лаборатории Государственной станции агрохимической службы «Хакасская» по стандартным методикам, принятым в агрохимической службе⁶.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В почвенно-географическом отношении⁷ ареал распространения приозерных ландшафтов относится к Минусинской провинции обыкновенных и южных черноземов и Тувинской провинции темно-каштановых и каштановых почв. Общий характер и направление почвообразовательного процесса здесь определяются особенностями биоклиматической обстановки. Суровость экологических условий, связанная с длительным промерзанием почв, укороченным вегетационным периодом, сухой весной, неравномерным выпадением осадков и резкими колебаниями суточных и годовых температур, обуславливает существенные региональные отличия степного почвообразования в Хакасии от процессов, протекающих в степной зоне европейской территории России. Органическое вещество поставляется в почвы главным образом подземными органами растений, сосредоточенными в верхней, наиболее увлажняемой и прогреваемой толще почвенного профиля. Невысокая продуктивность фитоценозов и слабое передвижение продуктов почвообразования обуславливают общую маломощность и малогумусность зональных почв (см. рис. 2).

Формирование почвенного покрова степной зоны Хакасии сопровождается также значительным проявлением экзогенных процессов. Дефляция, особенно активизирующаяся в

засушливые годы и в весенне-раннелетний период, задерживает развитие почв на одной стадии. В связи с этим почвы часто характеризуются укороченной мощностью профиля и неразвитостью⁸. Плодородие деградированных почв изучали на полигонах в различных почвенно-географических районах республики: в пределах Чебаково-Балахтинской (полигоны Борец, Целинное) и Минусинской котловин (Заря, Весеннее, Краснополье, Березовка) Назаровско-Минусинской межгорной впадины⁹.

Морфологическое описание типичных почв полигонов исследования

Полигон Борец размещен на степном равнинном участке у подножия склона. Рельеф равнинно-увалистый. Для характеристики морфологических признаков почвы заложен разрез 9,7 км северо-восточнее с. Борец на пашне. Проективное покрытие поля после уборки овса составляет 58%. На участке встречается культурная и сорная растительность: *Avena sativa* (33,0%), *Setaria glauca* (2,0), *Erodium cicutarium* (1,7), *Vicia cracca* (1,0), *Milium effusum* L. (1,0), *Sonchus arvensis* (0,9), *Vicia segetalis* (0,9), *Elytrigia repens* (0,7), *Fallopia convolvulus* L. (0,5), *Lactuca tatarica* L. (0,3%).

Почвенный разрез представлен следующими горизонтами:

1. А_{пах} (пахотный горизонт), 0–19 см – темно-серого цвета, влажный, рыхлый, структура почвенных отдельностей комковатая, имеются включения корней растений, новообразований нет, характер перехода в нижележащий горизонт резкий по цвету, вскипание от HCl бурное, гранулометрический состав среднесуглинистый (содержание физической глины 38,7%).

2. В, 19–55 см – светло-бурого цвета, влажный, бесструктурный, плотный, включений и

⁵Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 224 с.

⁶ГОСТ 26423–85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки. М.: Стандартинформ, 2011; ГОСТ 26205–91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. М.: Изд-во стандартов, 1992; ГОСТ 26213–2021. Почвы. Методы определения органического вещества. М., 2021; ГОСТ 26487–85. Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО. М., 1986.

⁷Добровольский Г.В., Уруевская И.С. География почв: учебник для студентов высших учебных заведений. М., 2006. 458 с.

⁸Шамшаева В.Ф. Почвы приозерных ландшафтов степной зоны Хакасии: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск, 2003. 20 с.

⁹Куткина Н.В., Еремина И.Г. Агроландшафтное районирование земель в Хакасии // Почвенные ресурсы и их рациональное использование: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения д-ра с.-х. наук, проф. П.С. Бугакова (Красноярск, 22 апр. 2022 г.). Красноярск, 2022. С. 36–41.



Рис. 2. Почвенные разрезы

Fig. 2. Soil sections

новообразований нет, характер перехода в нижележащий горизонт языковатый, реакция на HCl бурная, гранулометрический состав среднесуглинистый.

3. ВС, 55–82 см – бурого цвета, свежий, бесструктурный, плотный, имеются включения мелкого щебня, реакция на HCl бурная, гранулометрический состав супесчаный.

Почва – обыкновенный карбонатный среднесуглинистый слабосмытый чернозем на делювиальных отложениях¹⁰.

Полигон Целинное размещается на равнинно-увалистом участке с перепадами высот 130–140 м. Разрез заложен в средней части пологого склона на пашне в 7,9 км северо-восточнее п. Жемчужный. Проектное покрытие поля под пшеницей 60%. Растительный покров составляют следующие виды: *Triticum aestivum* (31,0%), *Avena sativa* (2,0), *Milium efusum* L. (2,0), *Taraxacum officinale* (1,0), *Setaria glauca* (1,0), *Sonchus arvensis* (0,9), *Erodium cicutarium* (0,9), *Fallopia convolvulus* L. (0,9), *Hordeum vulgare* (0,3%).

Почвенный разрез представлен следующими горизонтами:

1. А_{пах}⁷, 0–19 см – темно-серого цвета, свежий, структура комковато-мелкокомковатая, плотность рыхлая, присутствуют включения корней растений, новообразований нет, характер перехода в нижележащий горизонт резкий по плотности, реакция на 10%-й HCl бурная, гранулометрический состав тяжелосуглинистый (содержание физической глины 42,2%).

2. АВ, 19–26 см – темно-коричневого цвета, свежий, структура почвенных отдельностей комковато-пылеватая, плотность сложения плотная, имеются включения корней растений, новообразования кремнисто-гипсовых конкреций, характер перехода в нижележащий горизонт ясный, реакция на 10%-й HCl бурная, гранулометрический состав тяжелосуглинистый.

3. В, 26–79 см – светло-бурого цвета, свежий, структура почвенных отдельностей пылеватая, плотность сложения рыхлая, включений нет, новообразования – белоглазки

¹⁰Классификация и диагностика почв Западной Сибири (инструкт. материалы для картографирования почв). Новосибирск, 1979. 48 с.

(1,0–1,5 см в диаметре), реакция на 10%-й HCl бурная, гранулометрический состав среднесуглинистый.

Почва темно-каштановая карбонатная среднесуглинистая дефлированная на делювиально-элювиальных отложениях.

Полигон Березовка расположен 6,7 км юго-западнее д. Березовка на верхней части пологого склона на гречишном поле. Рельеф холмистый с перепадами высот 160–170 м. Проективное покрытие 60%. Растительность представлена следующими видами: *Polygonum fagopyrum* (20,0%), *Sonchus arvensis* (4,0), *Erodium cicutarium* (3,0), *Convolvulus arvensis* (3,0), *Milium effusum* L. (1,0), *Lactuca tatarica* L. (1,0), *Atriplex patula* L. (1,0), *Alopecurus myosuroides* (1,0), *Taraxacum officinale* (1,0), *Camelina sativa* (1,0), *Agrostis stolonifera* (1,0), *Galium aparine* (1,0), *Eriophorum vaginatum* (1,0), *Vicia segetalis* (1,0%).

Почвенный разрез представлен следующими горизонтами:

1. А_{пах}, 0–17 см – темно-серого цвета, свежий, плотный, структура мелкокомковатая, присутствуют включения корней растений, новообразований нет, характер перехода в нижележащий горизонт резкий по цвету и плотности, бурно вскипает, гранулометрический состав легкосуглинистый (содержание физической глины 24,6%).

2. АВ, 17–45 см – светло-бурого цвета, свежий, бесструктурный, плотный, присутствуют включения корней, новообразований нет, характер перехода в нижележащий горизонт постепенный, реакция на 10%-й HCl бурная, гранулометрический состав легкосуглинистый.

3. В, 45–70 см – палевого цвета, свежий, рыхлый, структура пылеватая, включений и новообразований нет, реакция на 10%-й HCl отсутствует, гранулометрический состав супесчаный.

Почва – карбонатный среднесуглинистый среднесмытый южный чернозем на аллювиальных отложениях.

Полигон Краснополье расположен 7,8 км северо-западнее с. Краснополье на склоне северной экспозиции. Рельеф местности – холмистый с перепадом высот 115–120 м. Уго-

дье – пастбище. Растительность представлена вязово-разнотравной ассоциацией: *Ulmus pumila* L. (9,0%), *Artemisia vulgaris* (2,0), *Artemisia frigida* (2,0), *Carex acuta* (2,0), *Teloxys aristata* (1,0), *Sonchus arvensis* (1,0), *Barbarea vulgaris* Ait. f. (1,0), *Galium aparine* (1,0), *Thlaspi arvense* Linn. (1,0), *Convolvulus arvensis* (1,0), *Vicia cracca* (1,0), *Camelina sativa* (1,0), *Taraxacum officinale* (1,0), *Phleum pratense* (1,0), *Salsola tragus* (1,0%). Проективное покрытие 35%.

Типичный почвенный разрез представлен следующими горизонтами:

1. А, 0–23 см – темно-бурого цвета, сухой, рыхлый, структура комковато-пылеватая, имеются включения корней растений, новообразований нет, характер перехода в нижележащий горизонт резкий по цвету и плотности, вскипание с поверхности, гранулометрический состав легкосуглинистый (содержание физической глины 29,2%).

2. АВ, 23–34 см – темно-коричневого цвета, свежий, комковатая структура, плотность сложения плотная, присутствуют включения корней, переход в нижележащий горизонт ясный по цвету, реакция на 10%-й HCl бурная, гранулометрический состав легкосуглинистый.

3. В, 34–77 см – палевого цвета, свежий, плотностный, структура порошистая, присутствуют включения корней (преимущественно вяз приземистый), новообразований нет, реакция на 10%-й HCl бурная, гранулометрический состав супесчаный.

Почва – карбонатный среднесуглинистый среднесмытый южный чернозем на делювиально-аллювиальных отложениях.

Полигон Весеннее расположен на пологом склоне в 9,4 км юго-восточнее с. Весеннее. Рельеф местности – равнинный увалистый с небольшими перепадами высот до 10 м. Растительный покров состоит из мелко- и крупнoderновинных растений настоящих степей и разнотравья: *Stipa lessingiana* (14,0%), *Aster amellus* (5,0), *Artemisia vulgaris* (4,0), *Artemisia frigida* (3,0), *Taraxacum officinale* (3,0), *Teloxys aristata* (2,0), *Agropyron pectinatum* (2,0), *Elymus junceus* Fisch. (1,0), *Echinochloa crus-galli* (1,0), *Alopecurus pratensis* (1,0), *Iris sibi-*

rica (1,0), *Plantago psyllium* (1,0), *Gnaphalium uliginosum* (1,0), *Myosotis arvensis* (1,0%). Проективное покрытие 40%.

Почвенный разрез, заложенный на пастбище, представлен следующими горизонтами:

1. А, 0–20 см – бурого цвета, сухой, плотный, структура комковато-ореховатая, имеются включения камней и корней растений, новообразований нет, характер перехода в нижележащий горизонт ясный по цвету и плотности, вскипание бурное с поверхности, гранулометрический состав среднесуглинистый (содержание физической глины 31,2%).

2. АВ, 20–33 см – светло-бурого цвета, свежий, плотный, структура мелкокомковатая, присутствуют включения корней растений и карбонатов, новообразования – кутаны, характер перехода в нижележащий горизонт постепенный, вскипание от HCl бурное, гранулометрический состав легкосуглинистый.

3. В, 33–80 см – светло-серого цвета, свежий, плотный, структура плитчатая, имеются включения каменных плит и карбонатов, новообразований нет, реакция на HCl бурная, гранулометрический состав супесчаный.

Почва – каштановая карбонатная среднесуглинистая на делювиально-аллювиальных отложениях.

Полигон Заря расположен на слабоувалистом участке с перепадом высот 60–70 м в 2,8 км юго-западнее д. Заря. Разрез заложен на пологом склоне северной экспозиции на пастбищном угодье. Растительность степная разнотравная: *Poa angustifolia* (17,0%), *Aster amellus* (15,0), *Artemisia frigida* (14,0), *Taraxacum officinale* (5,0), *Artemisia vulgaris* (3,0), *Elytrigia repens* (3,0), *Teloxys aristata* (2,0), *Barbarea vulgaris* (2,0), *Senecio vulgaris* (1,0), *Vicia cracca* (1,0), *Salsola tragus* (1,0), *Ambrosia artemisiifolia* (1,0), *Chelidonium majus* (0,7), *Linaria vulgaris* (0,3%). Проективное покрытие 66%.

На участке заложен почвенный разрез, представленный следующими горизонтами:

1. А, 0–20 см – темно-серого цвета, свежий, плотный, структура комковатая, имеются включения камней и мелких корней растений, новообразований нет, характер перехода в ни-

жележащий горизонт резкий по цвету и плотности, реакция на HCl бурная, гранулометрический состав легкосуглинистый (содержание физической глины 29,7%).

2. ВСА, 20–45 см – желто-коричневого цвета, свежий, плотный, структура плитчатая, присутствуют включения карбонатов, новообразований нет, характер перехода в нижележащий горизонт резкий по плотности сложения, реакция на HCl бурная, гранулометрический состав легкосуглинистый.

3. ВС, 45–92 см – коричневого цвета, свежий, плотноватый, структура зернисто-порошистая, включений и новообразований нет, реакция на 10%-й HCl отсутствует, гранулометрический состав супесчаный.

Почва – карбонатный среднесуглинистый южный чернозем на делювиально-аллювиальных отложениях.

Ландшафт исследуемых участков преимущественно равнинно-увалистый с перепадами высот 70–170 м. Типичные полигоны размещаются на склонах различных экспозиций и уклонов. В этой связи почвы эрозионно-опасные, подвержены в той или иной степени дефляции и водной эрозии. Почвы окультурены, используются как пашня и пастбища.

Агрохимические показатели почв

Плодородие деградированных почв очень низкое, обусловленное как факторами почвообразования, так и дигрессионными процессами природного и антропогенного характера (см. табл. 2). Кислотно-основные свойства являются одним из главных физико-химических показателей почв, определяющих их продуктивность. От условий среды в значительной степени зависят микробиологическая и ферментативная активность почв, корневое питание растений. Близкое от поверхности почвы залегание карбонатов (20–35 см) при малом количестве осадков и преобладании выпотного водного режима привело к подщелачиванию верхнего 20-сантиметрового слоя почвы. В этой связи для всех типов почв была характерна слабощелочная реакция среды (7,6–7,9). Среди поглощенных оснований преобладает кальций. На каштановых и черноземных почвах его содержание было в не-

Табл. 2. Агрохимические показатели почв полигонов исследования
Table 2. Agrochemical indicators of the study site soils

Полигон, почва	pH _{вод}	Органи- ческое вещество (массо- вая доля)	N _{общ}	P ₂ O ₅ под- вижный	K ₂ O об- менный	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Плотный остаток
		%		мг/кг (по Мачигину)		мг-экв/100 г		%
Борец, обыкновенный среднесуглинистый чернозем	7,9 ± 0,1	3,4	0,29 ± 0,03	19,8 ± 4,0	> 500	19,4 ± 1,0	2,50 ± 0,25	0,18 ± 0,04
Целинное, темно- каштановая среднесуглинистая	7,9 ± 0,1	3,3	0,28 ± 0,03	23,6 ± 4,7	> 500	14,8 ± 0,7	6,00 ± 0,60	0,17 ± 0,03
Березовка, среднесуглинистый южный чернозем	7,8 ± 0,1	2,5	0,20 ± 0,02	19,3 ± 3,9	171 ± 17	12,9 ± 0,6	1,50 ± 0,19	0,15 ± 0,03
Краснополье, среднесуглинистый южный чернозем	7,6 ± 0,1	2,1	0,17 ± 0,01	15,3 ± 3,1	136 ± 14	11,9 ± 0,6	0,75 ± 0,09	0,13 ± 0,03
Весеннее, каштановая среднесуглинистая	7,7 ± 0,1	2,9	0,22 ± 0,02	9,16 ± 2,7	222 ± 22	9,5 ± 0,5	3,88 ± 0,39	0,29 ± 0,06
Заря, среднесугли- нистый южный чернозем	7,8 ± 0,1	2,7	0,20 ± 0,02	19,7 ± 5,9	198 ± 20	12,5 ± 0,6	2,25 ± 0,23	0,15 ± 0,03

сколько раз выше, чем содержание магния – в 2,5 и 5,5 раза соответственно.

Почвы исследуемых полигонов среднесуглинистые по гранулометрическому составу, что обеспечивает потенциально благоприятный водный и воздушный режим функционирования. Между тем в условиях дефицита увлажнения и длительной сезонной мерзлотности они обладают низкой продуктивностью и не способны к аккумуляции значительного количества органической массы. Наиболее плодородные почвы, сформированные в наиболее увлажненной Ширинской степи, содержат до 3,6–3,8% органического вещества. В почвах более сухих степей в южной части республики (Койбальская и Уйбатская степи) наблюдается снижение содержания органического вещества до 2,1–2,9%.

Это связано не только с условиями почвообразования, но и с активным развитием деф-

ляционных процессов – основных факторов дегумификации пахотных почв¹¹. В соответствии с содержанием органического вещества (массовая доля) изменялось и содержание общего азота в пределах 0,17–0,29 мг/кг¹².

Содержание подвижных фосфора и калия в почвах зависело от минерального состава почвообразующих пород и степени их выветрелости. Зафиксирована средняя и высокая степень биогенной аккумуляции этих элементов в пахотном слое. Среднее содержание подвижных фосфатов отмечалось на черноземах и темно-каштановой почве (15,3–23,6 мг/кг), низкое – на каштановых почвах. Обеспеченность калием изменялась от очень высокой в почвах Ширинской степи до высокой и повышенной в южных черноземах и каштановых почвах Койбальской и Уйбатской степей. Для исследуемых почв Хакасии характерно

¹¹Роженцова А.В., Спирина В.З. Черноземы степей левобережья Минусинской впадины // Отражение био-, гео-, антропо-сферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: сб. материалов VII Междунар. науч. конф., посвященной 90-летию кафедры почвоведения и экологии почв ТГУ (Томск, 14–19 сент. 2020 г.). Томск, 2020. С. 292–296.

¹²Билтуев А.С., Лапухин Т.П., Будажапов Л.В. Климат, плодородие почв и продуктивность зерновых культур в аридных условиях Забайкалья: состояние и прогноз. Улан-Удэ, 2015. 141 с.

очень значительное (в 9–25 раз) превышение содержания доступного калия по отношению к фосфору. Подобная тенденция характерна для большинства степных почв республики¹³. Изучаемые почвы не засолены, содержание плотного остатка не превышало 0,3% [10, 11].

Наиболее плодородные почвы Хакасии расположены в северной части республики в степном Саяно-Алтайском аэроландшафтном районе (Ширинская озерно-котловинная степь). Условия почвообразования позволили сформировать здесь наиболее плодородные почвы – черноземы обыкновенные, обладающие комплексом благоприятных водно-физических и агрохимических свойств для возделывания полевых культур. Данные пяти туров агрохимического обследования (1966–2003 гг.) показали динамичное снижение содержания гумуса, подвижных фосфора и калия. Это обусловлено не только недостаточным внесением органических и минеральных удобрений, но и развитием эрозийных процессов на склоновых землях [5, 12]. Настоящие засушливые степи расположены в южной части республики в сухостепном Приабакано-Уйбатском агроландшафтном районе (Койбальские и Уйбатские степи), почвенный покров которых сложен в основном южными черноземами и каштановыми почвами. Почвы малогумусные, обладающие низким потенциальным плодородием по азоту. Эффективное плодородие по фосфору среднее на южных черноземах и низкое на каштановых почвах, по калию – соответственно повышенное и высокое. Почвы требуют проведения мероприятий по повышению уровня плодородия и снижению влияния дефляции. При этом в наибольшей степени дефляции подвержены Койбальские степи [12, 13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Почвы степных территорий в Республике Хакасия расположены в Саяно-Алтайском и Приабакано-Уйбатском аэроландшафтных районах, различающихся природно-климати-

ческими условиями и, соответственно, потенциальным плодородием. Наиболее плодородные обыкновенные черноземы преобладают в степях Саяно-Алтайского района и преимущественно используются в полеводстве. В связи с высокой расчлененностью рельефа почвы подвержены водной эрозии. Для предотвращения проявления водной эрозии на склоновых землях рекомендуются противозерозионные мероприятия, разработанные Научно-исследовательским институтом аграрных проблем Хакасии. Также особое внимание необходимо уделить системе применения удобрений, ориентированной на сохранение эффективного плодородия.

В южных степях зональными почвами являются южные черноземы и каштановые почвы, отличающиеся более низким содержанием азота и фосфора. Преобладающая отрасль ведения хозяйства на этих землях – животноводство, в том числе кочевое. Основным фактором деградации данных почв является дефляция. Имеющийся в Восточной Сибири опыт улучшения пастбищных угодий в районах развитого животноводства показывает, что основной путь улучшения деградированных пастбищ сухих степей – это рационализация их использования в системе пастбищеоборота. Сохранение и восстановление суходольных пастбищ, а также повышение их продуктивности должны идти в следующих направлениях:

1. Рационализация использования на основе системы пастбищеоборота. Внедрение пастбищеоборота коренным образом изменяет технологию вольного выпаса, открывает возможность для планового ведения пастбищного хозяйства, дифференцирования нормированной нагрузки на пастбищные участки с учетом их производительности.

2. Применение приемов коренного и поверхностного улучшения малопродуктивных и выродившихся пастбищ. При этом к выбору мероприятий необходимо подходить выборочно с учетом местной специфики на основе геоботанического и агрохимического обследо-

¹³Спирина В.З. Черноземы Минусинского прогиба на красноцветных суглинках // Почвенные ресурсы Сибири: вызовы XXI века: сб. материалов Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвященной 110-летию выдающегося организатора науки и первого директора ИПА СО РАН Р.В. Ковалева (Новосибирск, 4–8 дек. 2017 г.) / отв. ред. А.И. Сысо. Новосибирск, 2017. Ч. 1. С. 139–142.

вания территории. Для подсева трав желатель-но использовать местный семенной материал с естественных угодий, обладающих высокой продуктивностью и ценным травосто-ем. В системе пастбищеоборота необходимо предусмотреть обязательное применение ми-неральных азотных удобрений, вносимых при залужении и в период весеннего отрастания трав. Горные территории обладают высоким покрытием сетью водных источников. Водная мелиорация на данных территориях позволиткратно повысить производительность паст-бищ и улучшить плодородие деградирован-ных участков.

В связи с тем, что проведенные исследо-вания определяют лишь современный статус почв и растительного покрова, для определе-ния темпов и направленности деградацион-ных процессов необходимы мониторинговые обследования территорий методом спектраль-ного анализа ландшафтов и ДЗЗ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Snakin V.V. Low-carbon energy and global climate warming // *Life of the Earth*. 2024. Vol. 46. N 1. P. 4–19. DOI: 10.29003/m3770.0514-7468.2024_46_1/4-19.
2. Анисимов О.А., Жильцова Е.Л., Шаповалова К.О., Ершова А.А. Анализ индикаторов изменения климата. Ч. 1: Восточная Сибирь // *Метеорология и гидрология*. 2019. № 12. С. 31–42.
3. Кутькина Н.В., Еремина И.Г. Демутация и биопродуктивность залежи в условиях холмисто-сопочной степи Хакасии // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2021. № 10 (175). С. 3–10. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-10-3-10.
4. Чебоचाков Е.Я., Муртаев В.Н. Противоэро-зионная эффективность технологии освоения залежных земель в степной зоне // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2020. Т. 15. № 1 (57). С. 43–47. DOI: 10.12737/2073-0462-2020-43-47.
5. Чебоचाков Е.Я., Шапошников Г.М., Кансар-гин А.И., Муртаев В.Н. Совершенствование агроландшафтного районирования эрозионно опасной территории Республики Хакасия и агроэкологическая группировка земель // *Вест-ник Красноярского государственного аграрно-го университета*. 2019. № 10. С. 24–31.

6. Еремина И.Г., Кутькина Н.В. Информацион-ная база данных почв Республики Хакасия // *Аграрная наука*. 2022. № 4. С. 88–92. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-358-43-88-92.
7. Королюк А.Ю. Степи Назаровско-Минусин-ской межгорной впадины: синтаксономиче-ская ревизия // *Растительный мир Азиатской России*. 2022. Т. 15. № 3. С. 171–190. DOI: 10.15372/RMAR20220301.
8. Чебоचाков Е.Я., Муртаев В.Н. Современное состояние использования пахотных земель в хозяйствах разных форм собственности При-енисейской Сибири // *Вестник Красноярско-го государственного аграрного университета*. 2021. № 2 (167). С. 10–16. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-2-10-16.
9. Ковалева Ю.П., Тарбеев В.А., Мамонто-ва С.А., Колпакова О.П., Иванова О.И. Оцен-ка мелиоративного состояния орошаемых земель Республики Хакасия // *International Agricultural Journal*. 2024. N 2. P. 326–344. DOI: 10.55186/25876740_2024_8_2_9.
10. Градобоева Н.А., Елизарьев В.В., Сирене-ва Н.В. Мониторинг почвенного плодородия пахотных земель Республики Хакасия // *До-стижения науки и техники АПК*. 2019. Т. 30. № 7. С. 44–47.
11. Иванов А.Л., Савин И.Ю., Столбовой В.С., Аветян С.А., Шишконокова Е.А., Каиша-нов А.Н. Карта агрогенной эродированности почв России // *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле*. 2020. Т. 493. № 2. С. 99–102. DOI: 10.31857/S2686739720080095.
12. Чебоचाков Е.Я., Муртаев В.Н. Агроэкологиче-ская оценка технологии обработки чернозема обыкновенного залежи на юге Средней Сиби-ри // *Аграрная наука*. 2023. № 4. С. 101–104. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-369-4-101-104.
13. Чебоचाков Е.Я., Муртаев В.Н. Эффектив-ность почвозащитной системы земледелия в условиях освоения залежных земель в При-енисейской Сибири // *Вестник Красноярско-го государственного аграрного университета*. 2020. № 4. С. 66–73.

REFERENCES

1. Snakin V.V. Low-carbon energy and global climate warming. *Life of the Earth*, 2024, vol. 46, no. 1, pp. 4–19. DOI: 10.29003/m3770.0514-7468.2024_46_1/4-19.
2. Anisimov O.A., Zhiltsova E.L., Shapovalova K.O., Ershova A.A. Analysis of climate change

- indicators. Part 1: Eastern Siberia. *Meteorologiya i gidrologiya* = *Russian Meteorology and Hydrology*, 2019, no. 12, pp. 31–42. (In Russian).
3. Kut'kina N.V., Eremina I.G. Fallow lands demutation and bioproductivity under Khakass hilly steppe conditions. *Vestnik KrasGAU* = *Bulletin of KrasSAU*, 2021, no. 10 (175), pp. 3–10. (In Russian). DOI 10.36718/1819-4036-2021-10-3-10.
 4. Chebochakov E.Ya., Murtaev V.N. Anti-erosion efficiency of fallow lands development technologies in the steppe zone. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*, 2020, vol. 15, no. 1 (57), pp. 43–47. (In Russian). DOI: 10.12737/2073-0462-2020-43-47.
 5. Chebochakov E.Ya., Shaposhnikov G.M., Kapsargin A.I., Murtaev V.N. The improvement of agrolandscape zoning of erosionally hazardous territory of the Republic of Khakassia and agroecological lands grouping. *Vestnik KrasGAU* = *Bulletin of KrasSAU*, 2019, no. 10, pp. 24–31. (In Russian).
 6. Eremina I.G., Kut'kina N.V. Information database of soils of the Republic of Khakassia. *Agrarnaya nauka* = *Agrarian Science*, 2022, no. 4, pp. 88–92. (In Russian). DOI: 10.32634/0869-8155-2022-358-43-88-92.
 7. Korolyuk A.Yu. Steppes of the Nazarovsko-Minusinskaya intermountain depression: syntaxonomical revision. *Rastitel'nyy mir Aziatskoy Rossii* = *Flora and vegetation of Asian Russia*, 2022, vol. 15, no. 3, pp. 171–190. (In Russian). DOI: 10.15372/RMAR20220301.
 8. Chebochakov E.Ya., Murtaev V.N. Current state of the use of arable land in farms of different forms of ownership in Yenisei Siberia. *Vestnik KrasGAU* = *Bulletin of KrasSAU*, 2021, no. 2 (167), pp. 10–16. (In Russian). DOI: 10.36718/1819-4036-2021-2-10-16.
 9. Kovaleva Yu.P., Tarbeev V.A., Mamontova S.A., Kolpakova O.P., Ivanova O.I. Assessment of the reclamation status of irrigated lands of the republic Khakassia. *International Agricultural Journal* = *International Agricultural Journal*, 2024, no. 2, pp. 326–344. (In Russian). DOI: 10.55186/25876740_2024_8_2_9.
 10. Gradoboeva N.A., Elizariyev V.V., Sireneva N.V. Monitoring of soil fertility of arable lands of the Republic of Khakassia. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = *Achievements of Science and Technology of AIC*, 2019, vol. 30, no. 7, pp. 44–47. (In Russian).
 11. Ivanov A.L., Savin I.Yu., Stolbovoy V.S., Avetyan S.A., Shishkonakova E.A., Kashtanov A.N. Map of agrogenic soil erosion in Russia. *Doklady Rossiyskoy akademii nauk. Nauki o Zemle* = *Reports of the Russian Academy of Sciences. Earth Sciences*, 2020, vol. 493, no. 2, pp. 99–102. (In Russian). DOI: 10.31857/S2686739720080095.
 12. Chebochakov E.Ya., Murtaev V.N. Agroecological assessment of the technology of processing ordinary chernozem deposits in the south of Central Siberia. *Agrarnaya nauka* = *Agrarian Science*, 2023, no. 4, pp. 101–104. (In Russian). DOI: 10.32634/0869-8155-2023-369-4-101-104.
 13. Chebochakov E.Ya., Murtaev V.N. The efficiency of soil protection system of farming in the development of fallow lands in the Yenisei Siberia. *Vestnik KrasGAU* = *Bulletin of KrasSAU*, 2020, no. 4, pp. 66–73. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Алтаев А.А.**, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией; **адрес для переписки:** Россия, 670045, Улан-Удэ, ул. Третьякова, 25 «з»; e-mail: burniish@inbox.ru

Билтуев А.С., кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией

Уланов А.К., доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, заместитель директора

AUTHOR INFORMATION

✉ **Alexander A. Altaev**, Candidate of Science in Biology, Associate Professor, Senior Researcher, Laboratory Head; **address:** 25 z, Tretyakova St., Ulan-Ude, 670045, Russia; e-mail: burniish@inbox.ru

Alexander S. Biltuev, Candidate of Science in Biology, Associate Professor, Senior Researcher, Laboratory Head

Alexander K. Ulanov, Doctor of Science in Agriculture, Associate Professor, Lead Researcher, Deputy Director

Дата поступления статьи / Received by the editors 19.06.2024
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 05.08.2024
Дата публикации / Published 20.11.2024