

Научная статья/Research Article

УДК 637

DOI: 10.36718/1819-4036-2026-3-38-52

Ольга Сергеевна Вологодина^{1✉}, Екатерина Анатольевна Банщикова²,
Татьяна Витальевна Желибо³, Галина Анатольевна Заплетнюк⁴,
Надежда Викторовна Помазкова⁵

^{1,2,3,4,5}Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия

¹ovologdina@yandex.ru

²kait1986@mail.ru

³zhelibob@mail.ru

⁴g-zapletnyuk@yandex.ru

⁵naste2@yandex.ru

АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ ЦАСУЧЕЙСКОГО БОРА (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)

Цель исследований – выявить влияние агрохимических особенностей почв на процессы послепожарного лесовосстановления сосны на территории государственного природного заказника федерального значения «Цасучейский бор» Забайкальского края. Уникальный ленточный бор с *Pinus sylvestris* L. и *P. sylvestris* subsp. *krylovii* Serg. et Kondr. представляет равнинную территорию с равномерно произрастающими мощными приземистыми хвойными деревьями. Здесь сосны могут формировать среднеполнотные и среднебонитетные средневозрастные насаждения. Было проанализировано шесть объединенных почвенных проб с участков гарей 2012 г., живой части бора и зональной степи на южной границе его распространения. Встречались незональные почвы, диагностированные как боровые пески. Лабораторный анализ элементного состава выявил бедные гумусом (до 1,9 %) и подвижными формами элементов питания (NH_4^+ , P_2O_5 , Mg^{2+} и др.) почвы. Показатель pH ниже, чем в зональных каштановых почвах, прилегающих к ним, что указывает на слабое проявление процесса оподзоливания под лесами с хвойными породами. Такое явление, хотя и негативное с точки зрения плодородия почв, но в зоне степи с лимитированным водным режимом обеспечивает корневые системы древесных растений элементами питания. Оценка процессов послепожарного лесовосстановления заказника «Цасучейский бор» показала, что наиболее выгодный фон по агрохимическим показателям почв у части бора, которая не горела. Нахождение этого участка длительный период при отсутствии пожаров позволяет почвам накопить большее количество органических веществ для оптимального роста и развития. С целью успешного восстановления сосны в заказнике «Цасучейский бор» необходимо проводить специальные агротехнические мероприятия и увеличить площади посадок *P. sylvestris* subsp. *krylovii*, так как подвид наиболее адаптирован к сухостепным условиям Забайкальского края.

Ключевые слова: степной бор, боровые пески, химические свойства почв, лесные пожары, *Pinus sylvestris*

Для цитирования: Вологодина О.С., Банщикова Е.А., Желибо Т.В., и др. Агрохимические свойства почв и их влияние на лесовосстановление Цасучейского бора (Забайкальский край) // Вестник КрасГАУ. 2026. № 3. С. 38–52. DOI: 10.36718/1819-4036-2026-3-38-52.

Финансирование: исследование финансировалось за счет средств бюджета Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН.

Olga Sergeevna Vologdina^{1✉}, Ekaterina Anatolyevna Banshchikova², Tatiana Vitalievna Zhelibo³, Galina Anatolyevna Zapletnyuk⁴, Nadezhda Viktorovna Pomazkova⁵

^{1,2,3,4,5}Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the RAS, Chita, Russia

¹ovologdina@yandex.ru

²kait1986@mail.ru

³zhelibo@mail.ru

⁴g-zapletnyuk@yandex.ru

⁵naste2@yandex.ru

AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOILS AND THEIR INFLUENCE ON TSASUCHEYSKY PINE FOREST REFORESTATION (TRANS-BAIKAL REGION)

*The aim of the study is to determine the influence of soil agrochemical properties on post-fire pine reforestation processes in the Tsasucheysky pine forest Federal Nature Reserve in the Trans-Baikal Region. This unique ribbon pine forest, home to *Pinus sylvestris* L. and *P. sylvestris* subsp. *krylovii* Serg. et Kondr., is a flat area with uniformly growing, robust, low-growing conifers. Here, pine trees can form medium-density and medium-quality stands of middle age. Six combined soil samples from the 2012 burn sites, the living part of the pine forest, and the zonal steppe at the southern boundary of its distribution were analyzed. Non-zonal soils, classified as pine forest sands, were also present. Laboratory analysis of the elemental composition revealed soils deficient in humus (up to 1.9 %) and mobile nutrient forms (NH_4^+ , P_2O_5 , Mg^{2+} , etc.). The pH is lower than in adjacent zonal chestnut soils, indicating a weak podzolization process under coniferous forests. This phenomenon, although detrimental to soil fertility, provides the root systems of woody plants with nutrients in the steppe zone with a limited water regime. An assessment of post-fire reforestation processes in the Tsasucheysky pine forest Sanctuary revealed that the unburned portion of the pine forest has the most favorable soil agrochemical profile. The prolonged absence of fires in this area allows the soils to accumulate greater amounts of organic matter for optimal growth and development. To successfully restore pine in the Tsasucheysky pine forest Sanctuary, it is necessary to implement special agronomic measures and increase the area planted with *P. sylvestris* subsp. *krylovii*, as this subspecies is best adapted to the dry steppe conditions of the Trans-Baikal Region.*

Keywords: steppe pine forest, pine forest sands, soil chemical properties, forest fires, *Pinus sylvestris*

For citation: Vologdina OS, Banshchikova EA, Zhelibo TV, et al. Agrochemical properties of soils and their influence on Tsasucheysky pine forest reforestation (Trans-Baikal Region). *Bulletin of KSAU*. 2026;(3):38-52. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2026-3-38-52.

Funding: the study was supported by the budget of the Institute of Natural Resources, Ecology, and Cryology, SB RAS.

Введение. Лесные почвы считаются одним из наиболее важных резервуаров углерода в наземных экосистемах [1, 2]. Однако они активно подвергаются антропогенной деградации в условиях усиливающейся аридизации и глобального потепления климата, что приводит не только к потере почвенных ресурсов, но и к снижению биоразнообразия [3, 4]. Для восстановления территорий и сдерживания процессов опустынивания одним из направлений является закрепление почв, восстановление утраченной растительности и лесоразведение [5, 6].

К уникальной сухостепной экосистеме принадлежит расположенный на территории Забайкальского края Цасучейский бор с сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и в меньшей степени с сосной Крылова (*P. sylvestris* subsp. *krylovii* Serg. et Kondr.), растущими на аллювиальных песчаных отложениях реки Онон. С точки зрения некоторых исследователей, бор представляет собой степь с равномерно произрастающими по территории мощными приземистыми хвойными деревьями [7].

В административном отношении РФ этот уникальный ленточный сосновый лес относится к государственному природному заказнику федерального значения «Цасучейский бор».

В XXI в. из-за лесных пожаров (особенно 2003 и 2012 гг.) лесопокрытая площадь Цасучейского соснового бора сократилась в 16 раз [8]. Темпы

естественного лесовосстановления и принятые меры по созданию лесных культур оказались неэффективными. С нашей точки зрения, трудности восстановления сосны в сухостепной зоне после пожаров связаны с природными засухами, высокой солнечной инсоляцией, дефляцией почв, развеванием и наступлением песков, а также неправильно подобранным семенным материалом. Кроме этого, регламентированный российским законодательством режим охраны особо охраняемой природной территории ограничивает использование стимуляторов роста, химических препаратов, ядохимикатов.

Почвы заказника «Цасучейский бор», как и Забайкальского края в целом, остаются недостаточно изученными по сравнению с другими регионами Сибири и Дальнего Востока России. Между тем знание их состава важно в фундаментальном и прикладном аспектах. Особенности почвообразования Забайкальского края впервые рассмотрены в 60-х гг. XX в. [9], более поздним исследованием показано низкое содержание органических веществ в составе почв [10]. Даже в каштановых почвах расположенного рядом биосферного заповедника «Даурский» отмечается низкое содержание гумуса и преобладание фракции песка [11]. Имеются исследования о том, что степные почвы Забайкалья – маломощные, низкогумусные, легкие, а малая лесистость территории, мощная солнечная инсоляция, опасные ветры способствуют неустойчивости их против разрушения [12]. Современные экспериментальные данные физико-химических свойств почв светлохвойных насаждений центральных районов Забайкальского края свидетельствуют о том, что они имеют длительный период восстановления после пожаров [4].

Для рационального ведения лесного хозяйства необходимо глубокое и всестороннее знание лесных почв, их свойств (биологических, химических, физических и производственных). Состав почвы не только влияет на архитектуру корневой системы, но и является источником питательных веществ и воды, которые обеспечивают рост и развитие растений [13, 14]. К главным показателям, характеризующим плодородие почв, относят количество питательных элементов

(N, P, K, Ca, Mg и другие) и реакцию среды (рН солевой вытяжки, рН водной вытяжки) [15].

Первым шагом в решении проблемы сохранения экосистем и повышения плодородия почв под лесными насаждениями является оценка свойств почв по основным показателям.

Цель исследования – выявить влияние агрохимических особенностей почв на процессы послепожарного лесовосстановления сосны на территории государственного природного заказника федерального значения «Цасучейский бор» Забайкальского края.

Объекты и методы. По климатическим условиям территория заказника «Цасучейский бор» относится к степной зоне. Среднегодовалые температурные данные за период апрель – август составляют 14,7 °С, в течение вегетационного периода выпадает 170–300 мм осадков [16].

Уникальный «Цасучейский бор» располагается в ложбинах древнего стока, протягивающегося длинной осью с северо-запада на юго-восток вдоль правого берега реки Онон. Он представляет собой грядовые формы рельефа. Почвообразующими породами исследуемой территории являются мощные (до 15 м) аллювиальные четвертичные песчаные отложения с примесью гравия среднеплейстоценового аллювия холбоновской свиты (allhb) и продукты их разрушения – золотые пески [17]. Почвы ленточного бора свободны от легкорастворимых солей.

Объектом нашего исследования были песчаные почвы заказника федерального значения «Цасучейский бор». Рекогносцировочные исследования с закладкой пробных элементарных участков, описанием почв и отбором образцов для химического анализа проведены в мае 2025 г.

Для анализа почв на территории заказника были выбраны шесть пробных площадей с произрастанием сосны или предназначенные для ее искусственного лесовосстановления. Характеристика растительности и географические координаты пробных площадей представлены в таблице 1. Расположение пробных площадей (далее ПП) на территории Забайкальского края показано на карте (рис. 1).

Анализ показывает, что происходит возобновление только *Pinus sylvestris*, а подвид не встречается. Общая характеристика площадей приводится далее.

ПП 1. Почвы исследованы 12.05.2025 в сухостепной зоне Забайкальского края на окраине Цасучейского соснового бора. Растительность пробной площади представлена доминирующими многолетними злаками и осоками с акцентными раннецветущими растениями. Температура поверхностного десятисантиметрового слоя почв составляет 10 °С, а влажность – 20 %.

ПП 2. Почвы изучены в сосновом лесу с низкой степенью задернения травянистой растительностью. Температура почв в верхнем слое – 6 °С, а влажность почв – 20 %.

ПП 3. Осветленные песчаные почвы проанализированы 13.05.2025. Здесь наблюдается естественное возобновление сосны после верховых пожаров 2012 г. (рис. 2). Почвы прогревались в верхнем слое до 8,7 °С с влажностью 21 %.

ПП 4. Почвы исследованы на окраине того же участка в отсутствие возобновления сосны. Температура почв в верхнем слое – 7,8 °С, а их влажность – 14 %.

ПП 5. Работы проведены 14.05.2025 в бороздах, где осуществляется компенсационная посадка саженцев сосны с закрытой корневой системой (рис. 3). Данная территория ранее подвергалась вспашке, однако в последние два года почвы не обрабатывались. Температура почв составляла 12,4 °С, а влажность почв – 17 %.

ПП 6. Почвы изучены на лентах между бороздами предыдущей площади, где осуществляется компенсационная посадка саженцев сосны с закрытой корневой системой. Эта целина и почвы не подвергаются обработке в последние годы. Температура почв – 10 °С, влажность почв – 20 %.

При отборе почвенных проб внутри площадей применен «метод конвертов» по ГОСТ 58595-2019. Территория, предназначенная для обследования, разбивалась на элементарные участки площадью 250 м². Для отбора проб использован спиралевидный бур «Робур-Грунт». Образцы для изучения химического состава с каждой пробной площади отобраны из 30 точек, размещенных на диагоналях и в месте их пересечения. На площади из всех точек составлен один образец массой 1 кг. Почвы одной пробной площади характеризовались двумя средними образцами.

При изучении почв заказчика федерального значения «Цасучейский бор» использованы

сравнительно-географические и сравнительно-аналитические методы. Оценка комплексного агрохимического обследования проведена с применением стандартных методик [18].

Элементный состав почв исследован методами, регламентированными девятью отечественными стандартами. В почвенных пробах определены массовые доли органического вещества фотометрическим методом (ГОСТ 26213-2021) и азота нитратного – ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86), подвижные формы фосфора (P₂O₅) и калия (K₂O) – методами, модифицированными ЦИНАО (ГОСТ 54650-2011). Гидролитическая кислотность установлена в соответствии с ГОСТ 26212-2021 по методу Каппена в модификации ЦИНАО; pH солевой вытяжки и обменный аммоний определены методами ЦИНАО – по ГОСТ 26483-85. Еще по одному из стандартов – ГОСТ 17.5.4.02-84 – методом количественного анализа ионного состава водных вытяжек рассчитана сумма токсичных солей в почвах. Обменный натрий исследован методом извлечения раствором уксуснокислого аммония с последующим его определением в вытяжке на фотометре (ГОСТ 26950-86). Обменные формы кальция и магния выявлены методами ЦИНАО (ГОСТ 26487-85). В соответствии с ГОСТ 17.4.4.01-84 методом Бобко-Аскинази-Алешина в модификации ЦИНАО установлена емкость катионного обмена почв.

Два показателя определены на основании федеративных природоохранных нормативных документов. Методом измерения разности потенциалов растворов (ПНД Ф 16.2.2:2.3:3.33-02) уточнили значение водородного показателя (pH), а содержание сухого остатка – гравиметрическим методом (ПНД Ф 16.2.2:2.3:3.32-02).

Определены средние величины и их стандартные отклонения.

Для заказчика «Цасучейский бор» описаны серые лесные и деградированные каштановые типы почв [16]. Нами выделяется еще одна разновидность почв – рыхлые мелкозернистые связные пески. Несмотря на трудности с классификацией песчаных почв, диагностированы как боровые пески аллювиального и эолового генезиса по номенклатуре Единого государственного реестра почвенных ресурсов России [19]. Такие почвы распространены в ленточных борах Сибири, формируются на золотых отло-

жениях и характеризуются низкой обеспеченностью элементами питания [20]. Почвенный профиль отличается слабой дифференциацией на генетические горизонты с рыхлым сложением.

Считаем, что данный комплекс методов исследования позволит определить в полной мере

уровень содержания макроэлементов и мезоэлементов в почве для установления обеспеченности или дефицита нормального роста и развития сосны в заказнике «Цасучейский бор».

Таблица 1

Характеристика пробных площадей
Characteristics of trial areas

Номер пробной площади (ПП)	Географические координаты	Характеристика растительности
1	N 50°22'5,80" E 115°19'24,48"	Мелкодерновинно-злаково-вострецовая степь (<i>Leymus chinensis</i> (Trin.) Tzvel., <i>Koeleria pyramidata</i> (Lam.) P. Beauv., <i>Cleistogenes squarrosa</i> (Trin.) Keng, <i>Calamagrostis purpurascens</i> R.Br., <i>Artemisia frigida</i> Willd., <i>Potentilla acaulis</i> L., <i>Alyssum lenense</i> Adams, <i>Iris tenuifolia</i> Pall., <i>L. uniflora</i> Pall. ex Link, <i>Goniolimon speciosum</i> (L.) Boiss. и др.). Проективное покрытие травянистых растений составляет 60 %
2	N 50°29'47,69" E 115°08'48,22"	Средневозрастной, среднеполнотный, среднебонитетный злаково-разнотравный сосновый бор. Лесообразующая порода – <i>Pinus sylvestris</i> L., в подлеске произрастают <i>Spiraea aquilegifolia</i> Pall. и <i>Salix bebbiana</i> Sarg. Разреженный травяной покров представлен <i>Festuca ovina</i> L., <i>Bromus pumpellianus</i> Scribn., <i>Sibirotrisetum sibiricum</i> (Rupr.) Barbera, <i>Viola gmeliniana</i> Schult., <i>Nonea rossica</i> Stev., <i>Takhtajiantha austriaca</i> (Willd.) Zaika, Sukhor. & N. Kilian, <i>Gagea pauciflora</i> (Turcz. ex Trautv.) Ledeb. и др. Проективное покрытие травянистого яруса – 40 %
3	N 50°26'54,54" E 115°12'1,35"	Гарь 2012 г. с естественным возобновлением <i>Pinus sylvestris</i> . В напочвенном покрове <i>Filifolium sibiricum</i> (L.) Kitam., <i>Stipa krylovii</i> Roshev., <i>Carex pediformis</i> C.A. Mey., <i>Poa attenuata</i> Trin., <i>Agropyron cristatum</i> (L.) Gaertn. Травянистое проективное покрытие – 65 %
4	N 50°26'53,69" E 115°12'5,64"	Гарь 2012 г. с напочвенным покровом из <i>Filifolium sibiricum</i> (L.) Kitam., <i>Stipa krylovii</i> Roshev., <i>Carex pediformis</i> C.A. Mey., <i>Poa attenuata</i> Trin., <i>Agropyron cristatum</i> (L.) Gaertn., <i>Allium anisopodium</i> Ledeb., <i>Pardanthopsis dichotoma</i> (Pall.) Lenz, <i>Papaver nudicaule</i> L., <i>Leontopodium leontopodioides</i> (Willd.) Beauverd и др. Проективное покрытие – 60 %
5	N 50°26'47,29" E 115°12'3,88"	Минерализованные ряды (борозды) глубиной 25–30 см с лесными культурами <i>Pinus sylvestris</i> 2023 г. посадки
6		Заросшие междурядья лесных культур шириной 5 м многолетним корневищным злаком – <i>Leymus chinensis</i> . Проективное покрытие – 55 %

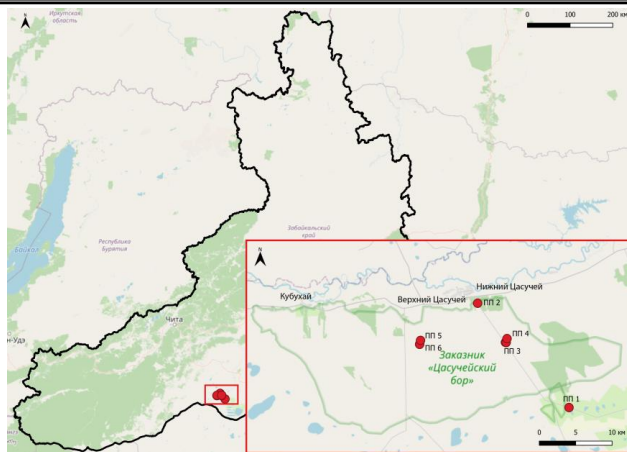


Рис. 1. Карта расположения пробных площадей на территории заказника «Цасучейский бор» (Забайкальский край)
Map of the location of test areas in the Nature Reserve «Tsasucheysky Bor» (Zabaykalsky Territory)



Рис. 2. Естественное возобновление *Pinus sylvestris* на ПП 3 заказника «Цасучейский бор»
Natural regeneration of *Pinus sylvestris* in the Nature Reserve «Tsasucheysky Bor»



Рис. 3. Минерализованные борозды с саженцами *Pinus sylvestris* на ПП 5 заказника «Цасучейский бор»
Mineralized furrows with *Pinus sylvestris* seedlings at PP 5 of the Nature Reserve «Tsasucheysky Bor»

Результаты и их обсуждение. Полученные данные о почвах государственного природного заказника федерального значения «Цасучейский бор» представлены в таблице 2.

В ходе исследования установлено, что величина рН солевой вытяжки варьирует в диапазоне 5,0–6,0 единиц. Это позволяет классифицировать почвы по степени кислотности как близкие к нейтральным (образцы ПП 1, ПП 3, ПП 4, ПП 6), так и слабокислым (ПП 2, ПП 5).

В почвах заказника «Цасучейский бор» значение рН водной вытяжки возрастает более чем на единицу (соответственно с 6, 11 до 7,12), что указывает на переход реакции почвенного раствора в нейтральный диапазон. Только почвы одной пробы (ПП 6) имеют слабощелочную реакцию среды (7, 12).

Для всех изученных образцов подтверждено наличие обменной кислотности.

Анализ полученных данных о гидролитической кислотности показывает закономерности, которые наблюдаются в изменениях величины рН солевой вытяжки. Гидролитическая кислот-

ность в гумусовом горизонте составляет 0,83–2,86 ммоль/100 г почвы и соответствует слабой степени выраженности кислотности [21].

Сравнительное изучение шести образцов свидетельствует, что степень кислотности почвенного раствора наибольшая в условиях живого соснового бора.

Под степной растительностью (ПП 1) рН солевой вытяжки составляет 6,0, а величина гидролитической кислотности – 0,83 ммоль/100 г почвы. Значения соответствуют слабощелочным условиям и отражают низкую степень гидролитической кислотности.

Почвы, отобранные на ПП 2, имеют лесную подстилку мощностью до 2 см. Разложение хвойного опада и процессы распада древесины сопровождаются образованием органических кислот, которые повышают кислотность почвы. Напротив, степные сообщества (ПП 1) формируют менее агрессивную кислотную среду благодаря специфическому составу растительного покрова и минерализации.

Таблица 2

**Агрохимические показатели плодородия почв заказника «Цасучейский бор»
Agrochemical indicators of soil fertility of the Reserve «Tsasucheysky Bor»**

Показатель	ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 4	ПП 5	ПП 6
1	2	3	4	5	6	7
рН солевой вытяжки, ед.	6,0 ± 0,1	5,0 ± 0,1	5,6 ± 0,1	5,4 ± 0,1	5,2 ± 0,1	5,7 ± 0,1
рН водной вытяжки, ед.	6,93 ± 0,1	6,11 ± 0,1	6,95 ± 0,1	6,84 ± 0,1	6,61 ± 0,1	7,12 ± 0,1
Подвижный фосфор, мг/кг	6,3 ± 2,2	16,9 ± 5,9	7,1 ± 2,5	8,9 ± 3,1	2,7 ± 0,9	8,3 ± 2,9
Обменный калий, мг/кг	83 ± 12	73 ± 15	92 ± 14	100 ± 15	61 ± 12	114 ± 17
Гидролитическая кислотность, ммоль/100 г	0,83 ± 0,12	2,86 ± 0,12	1,4 ± 0,12	1,82 ± 0,12	1,43 ± 0,12	1,67 ± 0,12
Обменный кальций, ммоль/100 г	4,5 ± 0,4	6,2 ± 0,5	6,7 ± 0,5	6,0 ± 0,5	7,0 ± 0,5	6,2 ± 0,5
Обменный магний, ммоль/100 г	0,74 ± 0,07	1,02 ± 0,1	1,21 ± 0,12	0,97 ± 0,1	1,43 ± 0,14	1,00 ± 0,1
Массовая доля органического вещества, %	0,7 ± 0,1	1,9 ± 0,4	1,5 ± 0,3	1,9 ± 0,4	0,7 ± 0,1	1,5 ± 0,3
Нитратный азот, мг/кг	Менее 2,5	Менее 2,5	Менее 2,5	Менее 2,5	Менее 2,5	Менее 2,5
Аммонийный азот, мг/кг	1,1 ± 0,2	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,1	1,7 ± 0,3
Обменный натрий, ммоль/100 г	0,1	0,1	0,1	0,3 ± 0,1	0,1	0,1

1	2	3	4	5	6	7
Емкость катионного обмена, ммоль/100 г	8,0	7,0	7,2	7,4	8,2	7,6
Сумма токсичных солей, %	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05
Сухой остаток, мг/кг	1119 ± 90	920 ± 74	569 ± 46	936 ± 75	1548 ± 124	450 ± 50

Фосфор. В почвах изучаемого природного заказника определены максимальные и минимальные концентрации фосфора, которые зафиксированы в значении 16,9 мг/кг под сосновым лесом ПП 2 и 2,7 мг/кг в минерализованных бороздах ПП 5.

На всех пробных площадях Цасучейского соснового бора почвы бедны подвижными формами фосфора. Насаждения нуждаются в фосфорных удобрениях.

С нашей точки зрения, дефицит фосфора в почвах связан: 1) с низким содержанием органических веществ; 2) низкими среднегодовыми температурами почвы и воздуха; 3) периодическими засухами; 4) химическим составом почвообразующих пород.

Калий. Содержание обменной (подвижной) формы калия в почве является основным диагностическим показателем уровня питания растений [22, 23]. Обеспеченность почв обменным калием заказника выше, чем подвижным фосфором. В 2025 г. среднее содержание калия в шести пробах заказника «Цасучейский бор» показывает вариацию значений от 83 до 92 мг/кг. Уровень обменного калия с повышенным содержанием встречается в четырех отобранных почвенных образцах (для ПП 1 равен 73 мг/кг, ПП 3 – 92, а ПП 4 – 100, ПП 6 – 114 мг/кг) и со средним содержанием данного элемента – в двух пробах (ПП 2 – 73 мг/кг и ПП 5 – 61 мг/кг). Почвообразующие породы заказника являются основным источником калия. Считаем, что дерновый процесс почвообразования в Цасучейском бору способствует увеличению содержания подвижных форм калия, что усиливается при проникновении мочковатых корневых систем растений.

Кальций. Потребность в кальции проявляется в прегенеративном периоде онтогенеза сосны, так как элемент необходим для построения органов растения [24]. С величиной рН водной и солевой вытяжек связано содержание в почвах подвижного Р и обменного Са. Кроме того, обнаруживается зависимость содержания в почве обменного Са с содержанием подвижных Р и К.

Кальций как хранитель плодородия имеется во всех почвенных образцах заказника «Цасучейский бор». Агрохимический анализ почв показывает низкое содержание обменного кальция в одном образце (4,5 ммоль/100 г). В почве степного участка (ПП 1) соотношение кальция от емкости катионного обмена составляет 56 %, и здесь процесс слипания коллоидных частиц с образованием более крупных агрегатов приводит в конечном итоге к потере агрегативной устойчивости дисперсной системы.

Остальные почвенные образцы имеют среднее содержание обменного кальция (6,0–7,0 ммоль/100 г). Пять почвенных образцов (ПП 2–ПП 6) имеют уровень обменного кальция 81,0–93,1 % от емкости катионного обмена, что свидетельствует об оптимуме, который обеспечивает коагуляцию коллоидных систем и служит предпосылкой для структурообразования почв при активной деятельности корней.

Магний. Химический анализ результатов почвенных образцов, отобранных в 2025 г., свидетельствует, что содержание обменного магния варьирует от низкого до среднего уровня (0,74–1,43 ммоль/100 г). Почвы, по нашим данным, четырех проб имеют низкое содержание обменного магния: ПП 1 (0,74 ммоль/100 г), ПП 2 (1,02 ммоль/100 г), ПП 4 (0,97 ммоль/100 г) и ПП 6 (1,00 ммоль/100 г), – и они преобладают на площади Цасучейского соснового бора. Почвенные образцы двух проб отличаются средним содержанием обменного магния (1,21 и 1,43 ммоль/100 г). Для роста и развития сосны содержание магния в почвенном растворе должно быть 0,125–8,500 ммоль/100 г [25], поэтому недостатка в элементе растения не испытывают.

В сухих климатических условиях почвы заказника «Цасучейский бор» имеют низкое содержание обменного магния из-за недостаточной массовой доли органического вещества и низкой биологической активности.

В исследованиях качество почвы оценено комплексно, включая массовую долю органического вещества, наличие доступных форм азота

(нитратов и аммония), обеспечивающих устойчивый рост и развитие сосны.

Массовая доля органического вещества. На территории федерального заказника почвы отличаются очень низкой массовой долей органического вещества (до 1,9 %). Считается, что для роста и развития сосны значение показателя должно быть более 2,5 % [26].

Анализ показывает, что максимальная массовая доля органического вещества содержится в почвах сосновых лесов (ПП 2, ПП 4), а у образцов, отобранных под травянистой степной растительностью (ПП 1 и ПП 5), данная величина составляет 0,7 %. Следовательно, под сосновым бором в сухостепной зоне Забайкальского края создаются более благоприятные условия гумусообразования.

Почвы федерального заказника «Цасучейский бор» на большей площади характеризуются недостаточной, разной степенью гумусированности, поэтому вносить органические удобрения следует дифференцированно.

Азот – один из основных элементов питания растений [27]. Все почвенные образцы, отобранные в заказнике, отличаются очень низким значением массовой доли азота нитратного (менее 2,5 мг/кг). Содержание минерального азота во всех образцах составляет 3–4 % от рекомендованного, поэтому необходимо применять удобрения, содержащие азот.

Обращает внимание и тот факт, что под естественной многолетней травянистой растительностью (ПП 1 и ПП 5) количество нитратного азота также очень низкое. Это объясняется тем, что степные растения продолжительное время используют нитраты для роста и развития. Здесь наблюдается преобладание расходной части над приходной частью азота нитратного.

Данное содержание минерального азота в боровых почвах резко континентального климата заказника зависит от слабой интенсивности процесса нитрификации. С нашей точки зрения, этот феномен определяется несколькими факторами: 1) быстрым проникновением и высыханием воды, приводящим к нестабильным условиям увлажнения, замедляющим процесс нитрификации; 2) слабым развитием гумусового горизонта и низким содержанием органических веществ, снижающим количество азота для бактерий; 3) морозной зимой и жарким летом, усложняющими поддержание оптимальных температур для роста бактерий, что снижает интенсивность нитрификации.

Аммоний – единственная возможная аккумуляция доступного растениям азота [28]. В 2025 г. во всех почвенных пробах содержание обменного аммония при его определении стандартными методами имеет очень низкий уровень. Максимальное количество обменного аммония в почвах Цасучейского соснового бора составляет 1,7 мг/кг (ПП 6), а минимальное – 0,5 мг/кг (ПП 2–ПП 5). С нашей точки зрения, к показателю, влияющему на уровень обменного аммония в почвах, относится невысокая биологическая активность под многолетними растениями.

На территории заказника такие особенности боровых песков, как низкое содержание гумуса, высокая пористость и водопроницаемость, влияют на уровень содержания обменного аммония и активность процессов аммонификации.

Известно, что физиологически уравновешенным оптимальным содержанием азота, фосфора и калия для хвойных видов должно быть 1 : 0,85 : 1,12 [29]. В данном случае в почвах их соотношение далеко не соответствует рекомендованному. Содержание калия может быть в десять раз выше фосфора, а азота – меньше его в два раза.

Натрий. При оценке свойств сухостепных почв большое значение имеют сведения о содержании обменного натрия, так как по его количеству определяют степень солонцеватости почв [30]. Во всех почвенных образцах Цасучейского бора обменный натрий содержится в концентрации 0,1 ммоль/100 г. Это интерпретируется как полное отсутствие солонцеватости, концентрация натрия от емкости катионного обмена варьирует в пределах числового ряда, выраженного в процентах: 1,22 % натрия (ПП 5), 1,25 % (ПП 1), 1,32 % (ПП 6), 1,39 % (ПП 3), 1,42 % (ПП 2). Единственный почвенный образец (ПП 4) имеет слабую солонцеватость, в нем содержание натрия достигает 4,05 % от емкости обмена.

Общеизвестно, что натрий в количестве менее 3,0 % емкости катионного обмена – необходимый компонент оптимального состояния почв, который обеспечивает дисперсность коллоидов. Наше исследование показывает, что в почвах Цасучейского соснового бора при величине обменного натрия 1,22–1,42 % (ниже порога коагуляции) происходит активный процесс пептизации или превращения осадка в устойчивый коллоидный раствор.

Нами также дается оценка почв степени засоления, проведенная по сумме токсичных со-

лей и сухому остатку водных вытяжек. Эти показатели включают наряду с солями, определяющими засоление почв, еще и гипс [31].

Все почвенные образцы заказника федерального значения «Цасучейский бор» отличаются отсутствием засоленности (незасоленные). Значение суммы токсичных солей в образцах – менее 0,05 %. По нашим данным, водные вытяжки почв заказника отличаются низким содержанием катионов и анионов, а доля сухого остатка изменяется от 0,045 до 0,155 %.

Емкость катионного обмена, выявленная аналитическим способом и характеризующая агрохимическую поглотительную способность шести почвенных образцов заказника «Цасучейский бор», изменяется в диапазоне 7,0–8,2 ммоль/100 г и относится к категории с очень низким значением. Сравнительный анализ показывает, что плодородие почв выше на ПП 5, так как емкость катионного обмена наибольшая.

Этот уровень объясняется минимальным количеством глинистых частиц в почвах и низким содержанием гумуса. Боровые песчаные почвы федерального заказника «Цасучейский бор» будут отличаться также и наименьшей буферностью. Способность почвенного раствора противостоять изменению реакции при воздействии кислот, щелочей или их солей в сторону подкисления и подщелачивания будет минимальной.

Низкие объемы ежегодного поступления высоколигнифицированных, обедненных азотом растительных остатков, а также легкий гранулометрический состав, низкая степень поглощенных оснований обуславливают низкие запасы гумуса. Легкие малогумусные боровые почвы, занимающие площади заказника «Цасучейский бор», могут легко подвергаться разрушительным действиям как природных факторов, так и человека.

Анализ полученных данных свидетельствует, что после прохождения пожаров свойства почв изменяются: реакция почвенного раствора подщелачивается, количество подвижного фосфора уменьшается, в составе обменных катионов возрастает концентрация калия. Пирогенное воздействие сопровождается увеличением содержания водорастворимых солей, в основном за счет нетоксичных соединений калия.

Запасы общего азота пропорциональны содержанию почвенного гумуса, и поэтому доступные формы аммиачного и нитратного азота для растений в почве также находятся на мини-

муме. Содержание азота нитратного составляет менее 2,5 мг/кг, а обменного аммония – от 0,5 до 1,7 мг/кг.

Почвы заказника характеризуются значением водородного показателя (рН_{водн}) в пределах 6,1–7,12, рН солевой вытяжки – 5,0–6,0, а гидроролитическая кислотность изменяется от 0,83 до 2,86 ммоль/100 г почв.

На территории заказника «Цасучейский бор» агрохимические показатели плодородия почв выше у живой части леса (ПП 2), отсутствие пожаров позволяет накопить большее количество органических веществ. В этих почвах идет активное формирование корнеобитаемого слоя и происходят естественные почвообразовательные процессы.

Лесорастительные свойства почв заказника «Цасучейский бор» связаны с их генетическими особенностями, такими как содержание гумуса, величина катионного обмена, степень насыщенности основаниями. Агрохимические свойства почв слабо обеспечивают растения основными элементами питания, удовлетворяя потребности сосны в веществах частично.

Для улучшения лесорастительных свойств и повышения плодородия почв необходимо осуществлять полив сеянцев и саженцев и проводить агротехнические мероприятия, указанные для песчаных почв.

На бедных гумусом песчаных почвах рекомендуется полосная подготовка почвы орудиями. Лесоводственно-агрохимический комплекс в этом случае будет включать следующие операции:

- 1) подготовка почвы полосами дисковыми почвообрабатывающими орудиями и распашка вразвал по центру полос на глубину рыхления минимум за один год до высадки культур;
- 2) весенняя посадка сосны;
- 3) полив, оправка саженцев, прополка и рыхление почвы по мере необходимости.

Рекомендуется использование системы нулевой обработки почвы (No-Till), при которой (перед высадкой сосны) она не подвергается механической обработке (вспашке, культивации, боронованию) на участках, покрытых травянистыми растительными остатками.

В сосново-степной зоне соседней Монголии восстановление хвойных деревьев после пожаров было самым низким у сосны, поскольку это дерево менее пригодно для жизни и летом испытывает недостаток воды [3]. Поэтому целесообразно при проведении лесовосстановления

на юге Забайкальского края увеличить площади посадок *P. sylvestris* subsp. *krylovii*.

Считаем, что весь комплекс мероприятий обеспечит оптимальный рост и продуктивность уникального лесного бора, расположенного в сухостепной зоне Забайкальского края.

Заключение. Изучение и анализ содержания макро- и мезоэлементов в почвах заказника «Цасучейский бор» позволяют сделать следующие выводы:

1. Сосняки заказника «Цасучейский бор», как показали исследования, характеризуются своей низкой производительностью. Сопоставление данных по отобраным образцам федерального заказника позволяет сделать вывод, что почвы обладают общими признаками: 1) низким содержанием гумуса (до 1,9 %); 2) низкой емкостью катионного обмена (7,0–8,2 ммоль/100 г); 3) преобладанием кальция в поглощенных основаниях и незначительным присутствием натрия (0,1–0,3 ммоль/100 г); 4) почвы, как правило, несолонцеватые; 5) количество токсичных солей не превышает 0,05 %; 6) реакция раствора водной вытяжки нейтральная либо слабощелочная.

2. После пожара происходит разрушение почвенных горизонтов, что приводит к изменению структуры почвы. В результате этого изменяется ее влагоемкость, почвы остаются сухими, корневые системы сосны гибнут. Кроме того, пожары могут привести к изменению химических свойств почвы. В результате пожара происходит сгорание органических веществ. Летом из-за небольшого количества осадков и высоких положительных температур даже травянистые растения развивают небольшую вегетативную массу. Поэтому ежегодно поступает небольшое количество органических веществ. Почвы отличаются низким плодородием, следовательно, требуется более двадцати лет, чтобы накопить хотя бы минимальный пул органических веществ.

3. Постпирогенные изменения в профиле почвы, как показали наши исследования, могут быть вызваны не только непосредственным влиянием горения и нагрева поверхности почвы

во время пожара, но и изменением условий формирования почвы, повлекшим за собой трансформацию ее агрохимических свойств, морфологических признаков и строения. Прежде всего это касается деградации лесной подстилки и органогенного слоя во время пожара. Так как особенностью лесных почв Забайкальского края является отсутствие полноценного гумусового минерального горизонта, то обычно во время сильного пожара деградация затрагивает весь органо-аккумулятивный слой почвы. На территории заказника «Цасучейский бор» образовавшийся слой уменьшает кислотность и может подщелачивать верхние горизонты почв, которые характеризуются пониженным содержанием гумуса.

4. Наблюдение показывает, что в лесу сосны на ПП 2 восстанавливаются удовлетворительно. Вот почему закладка культур с посадкой двухлетних саженцев сосны обыкновенной (механизированная и ручную) с использованием лесной среды материнских насаждений и элементов естественного возобновления сопутствующих видов деревьев, кустарников и трав может повысить плодородие почв и результаты по приживаемости лесных культур.

5. Также следует отметить особенность большего прогревания почвы пробы ПП 5 на дне глубоких борозд, лишенных травянистой растительности в весенне-летний период. При достаточном обеспечении влагой борозд такое изменение температурного режима следует оценить положительно, но в засушливые периоды оно может отрицательно сказаться на сохранности и росте культур.

6. Необходимо регулярно проводить обследования почв, которые помогают отслеживать изменения в содержании веществ и своевременно реагировать на снижение плодородия. Для повышения плодородия почв и урожайности лесных культур рекомендуется рассмотреть вопрос о применении органических удобрений, посевов сидератов и ЭМ-технологии. Важно при проведении мероприятий по изменению агрохимических свойств учитывать Положение о заказнике.

Список источников

1. Ludwig S.M., Alexander H.D., Kielland K., et al. Fire severity effects on soil carbon and nutrients and microbial processes in a Siberian larch forest // *Global Change Biology*. 2018. Vol. 24. P. 5841–5852. DOI: 10.1111/gcb.14455.

2. Certini G. Fire as a soil-forming factor // *Ambio*. 2014. Vol. 4. P. 191–195. DOI: 10.1007/s13280-013-0418-2.
3. Dulamsuren С., Klinge M., Degener J., et al. Carbon pool densities and a first estimate of the total carbon pool in the Mongolian forest-steppe // *Global Change Biology*. 2016. Vol. 22. P. 830–844. DOI: 10.1111/gcb.13127.
4. Богородская А.В., Кукавская Е.А., Каленская О.П., и др. Изменение микробиологических и физико-химических свойств почв после пожаров в сосновых и березовых лесах центральных районов Забайкальского края // *Почвоведение*. 2023. № 11. С. 1418–1436. DOI: 10.31857/S0032180X23600245.
5. Barrett K., Baxter R., Kukavskaya E., et al. Post-fire recruitment failure in Scots pine forests of southern Siberia // *Remote Sensing of Environment*. 2020. Vol. 237. P. 1–16. DOI: 10.1016/j.rse.2019.111539.
6. Дедова Э.Б., Гольдварг Б.А., Цаган-Манджиев Н.Л. Деградация земель республики Калмыкия: проблемы и пути их восстановления // *Аридные экосистемы*. 2020. Т. 10, № 2. С. 140–147. DOI: 10.1134/S2079096120020043.
7. Дулепова Б.И. Состояние и вопросы охраны растительного мира Восточного Забайкалья. В сб.: *Экология растений Забайкалья*. 1997. Вып. 1. Чита: ЗабГПУ. С. 4–8.
8. Вахнина И.Л., Голятина М.А., Носкова Е.В. Изменение лесопокрытой площади Цасучейского бора в результате природных пожаров // *Природообустройство*. 2019. № 4. С. 123–129. DOI: 10.34677/1997-6011/2019-4-123-129.
9. Ногина Н.А. Почвы Забайкалья. М.: Наука, 1964. 317 с.
10. Чимитдоржиева Г.Д. Гумус холодных почв: экологические аспекты. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1990. 143 с.
11. Хадеева Е.Р., Лопатовская О.Г., Сараева Л.И., и др. Разнообразие почв Южного Забайкалья на примере территории заповедника «Даурский» // *Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология»*. 2021. Т. 36. С. 79–86. DOI: 10.26516/2073-3372.2021.36.79.
12. Каминская С.В. Вопросы бонитета почв в Забайкальском крае // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2015. Т. 39, № 8. С. 38–41.
13. Воронина Л.П., Поногайбо К.Э. Нормирование химических веществ в почвах агроценозов с учетом их функционального значения // *Агрохимия*. 2022. № 9. С. 74–83. DOI: 10.31857/S0002188122090125.
14. Иванов П.К. Повышение плодородия черноземных и каштановых почв. М.: Академия Наук СССР, 1959. 137 с.
15. Теория и практика химического анализа почв. Под редакцией Л.А. Воробьевой. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
16. Сараева Л.И. Флора сосудистых растений федерального заказника «Цасучейский бор» (Забайкальский край) // *Фиторазнообразие Восточной Европы*. 2022. Т. 16, № 4. С. 35–58. DOI: 10.24412/2072-8816-2022-16-4-35-58.
17. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1: 200 000. Издание второе. Серия Даурская. Лист М-50-XIV (Ниж. Цасучей). 2025. Доступно по: <https://geokniga.org/maps/30564>. Ссылка активна на 23.11.2025.
18. Методические указания по проведению комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий. М.: Типография Центра научно-технической информации, пропаганды и рекламы, 1994. 97 с.
19. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
20. Гаель А.Г., Смирнова Л.Ф. Пески и песчаные почвы. М.: ГЕОС, 1999. 252 с.
21. Шнее Т.В., Старых С.Э., Федорова Т.А. Влияние ионного состава ППК на состояние почвенных коллоидов различных по генезису почв // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство*. 2013. № 2. С. 128–133. DOI: 10.22363/2312-797X-2013-5-128-133.
22. Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения. М.: Ледум, 2000. 185 с.
23. Якименко В.Н. Калий в агроценозах Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. 226 с.

24. Макаров В.П., Михеева Н.Ю., Борзенко С.В. Содержание химических элементов в почвах на территории Удоканского месторождения меди // *Агрохимия*. 2021. Т. 9. С. 50–61. DOI: 10.31857/S0002188121090088.
25. Guo W., Nazim H., Liang Z. Magnesium deficiency in plants: An urgent problem // *The Crop Journal*. 2016. Vol. 4. P. 483–491. DOI: 10.1016/j.cj.2015.11.003.
26. Смирнова Л.Г., Михайленко И.И., Смирнов Г.В., и др. Особенности профильного и пространственного распределения нитратного азота в почвах эрозионных ландшафтов // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т.34, №5. С. 13–17. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10502.
27. Weng Y., Yang G., Wang L., et al. Changes in water-soluble nitrogen and organic carbon in the post-fire litter layer of Dahurian larch forests // *Plant Soil*. 2021. Vol. 464. P. 131–148. DOI: 10.21203/rs.3.rs-164502/v1.
28. Якименко В.Н. Фиксация калия и аммония почвой агроценозов // *Агрохимия*. 2011. № 8. С. 3–7. EDN: NYICEN.
29. Редько Г.И., Огиевский Д.В., Наквасина Е.Н., и др. Биоэкологические основы выращивания сеянцев сосны и ели в питомниках. М.: Лесная промышленность, 1983. 64 с.
30. He T., Lamont B.B., Pausas J.G. Fire as a key driver of Earth's biodiversity // *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*. 2019. Vol. 94, № 6. P. 1983–2010. DOI: 10.1111/brv.12544.
31. Ngole-Jeme V.M. Fire-Induced Changes in Soil and Implications on Soil Sorption Capacity and Remediation Methods // *Applied Sciences*. 2019. Vol. 9. P. 34–47. DOI: 10.3390/app9173447.

References

1. Ludwig SM, Alexander HD, Kielland K, et al. Fire severity effects on soil carbon and nutrients and microbial processes in a Siberian larch forest. *Global Change Biology*. 2018;24:5841-5852. DOI: 10.1111/gcb.14455.
2. Certini G. Fire as a soil-forming factor. *Ambio*. 2014;4:191-195. DOI: 10.1007/s13280-013-0418-2.
3. Dulamsuren C, Klinge M, Degener J, et al. Carbon pool densities and a first estimate of the total carbon pool in the Mongolian forest-steppe. *Global Change Biology*. 2016;22:830-844. DOI: 10.1111/gcb.13127.
4. Bogorodskaya AV, Kukavskaya EA, Kalenskaya OP, et al. Changes in the microbiological and physical-chemical properties of soils after fires in pine and birch forests in the central regions of the Trans-Baikal Territory. *Eurasian Soil Science*. 2023;11:1418-1436. (In Russ.). DOI: 10.31857/S0032180X23600245.
5. Barrett K, Baxter R, Kukavskaya E, et al. Post-fire recruitment failure in Scots pine forests of Southern Siberia. *Remote Sensing of Environment*. 2020;237:1-16. DOI: 10.1016/j.rse.2019.111539.
6. Dedova EB, Goldvarg BA, Tsagan-Mandzhiev NL. Land Degradation of the Republic of Kalmykia: Problems and Reclamation Method. *Arid Ecosystems*. 2020;10(2):140-147. (In Russ.). DOI: 10.1134/S2079096120020043.
7. Dulepova BI. Sostoyanie i voprosy ohrany rastitel'nogo mira Vostochnogo Zabajkalya. In: *Ekologiya rastenij Zabajkalya*. 1997. Is. 1. Chita: Izd-vo ZabGPU. P. 4–8.
8. Vahnina IL, Golyatina MA, Noskova EV. Izmenenie lesopokrytoj ploshchadi Casuchejskogo bora v rezultate prirodnyh pozharov. *Prirodoobustrojstvo*. 2019;4:123-129. (In Russ.). DOI: 10.34677/1997-6011/2019-4-123-129.
9. Nogina NA. *Pochvy Zabajkal'ya*. Moscow: Nauka, 1964. 317 p.
10. Chimitdorzhieva GD. *Gumus holodnyh pochv: ekologicheskie aspekty*. Novosibirsk: Nauka. Sibirskoe otdelenie; 1990. 143 p.
11. Hadeeva ER, Lopatovskaya OG, Saraeva LI, et al. Raznoobrazie pochv Yuzhnogo Zabajkal'ya na primere territorii zapovednika "Dauriskij". *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya "Biologiya. Ekologiya"*. 2021;36:79-86. (In Russ.). DOI: 10.26516/2073-3372.2021.36.79.
12. Kaminskaya SV. Voprosy boniteta pochv v Zabajkal'skom krae. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. 2015;39(8):38-41.
13. Voronina LP, Ponogayboa KE. Rationing of Chemicals in the Soils of Agrocenoses, Taking into Account Their Functional Significance. *Agrochemistry*. 2022;9:74-83. (In Russ.). DOI: 10.31857/S0002188122090125.

14. Ivanov PK. *Povyshenie plodorodiya chernozemnyh i kashtanovyh pochv*. Moscow: Akademiya Nauk SSSR; 1959. 137 p.
15. Vorob'evoy LA, edit. *Teoriya i praktika himicheskogo analiza pochv*. Moscow: GEOS; 2006. 400 p.
16. Saraeva LI. Flora sosudistyh rastenij federal'nogo zakaznika "Casuchejskij bor" (Zabajkal'skij kraj). *Fitoraznoobrazie Vostochnoj Evropy*. 2022;16(4):35-58. (In Russ.). DOI: 10.24412/2072-8816-2022-16-4-35-58.
17. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federacii masshtaba 1: 200 000. Izd. 2. Seriya Daur'skaya. List M-50-XIV (Nizh. Casuchej)*. 2025. Available at: <https://geokniga.org/maps/30564>. Accessed: 23.11.2025.
18. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu kompleksnogo agrohimicheskogo obsledovaniya pochv sel'skohozyajstvennyh ugodij*. Moscow: Tipografiya Centra nauchno-tehnicheskoy informacii, propagandy i reklamy; 1994. 97 p.
19. *Klassifikaciya i diagnostika pochv Rossii*. Smolensk: Ojkumena; 2004. 342 p.
20. Gael AG, Smirnova LF. *Peski i peschanye pochvy*. Moscow: GEOS; 1999. 252 p.
21. Shnee TV, Staryh SE, Fedorova TA. Vliyanie ionnogo sostava PPK na sostoyanie pochvennyh kolloidov razlichnyh po genezisu pochv. *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo*. 2013;2:128-133. DOI: 10.22363/2312-797X-2013-5-128-133.
22. Prokoshev VV, Deryugin IP. *Kalij i kalijnye udobreniya*. Moscow: Ledum; 2000. 185 p.
23. Yakimenko VN. *Kalij v agrocenozah Zapadnoj Sibiri*. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN; 2003. 226 p.
24. Makarov VP, Mikheeva NY, Borzenko SV. Content of Chemical Elements in Soils in the Territory of the Udokan Copper Deposit. *Agrochemistry*. 2021;9:50-61. (In Russ.). DOI: 10.31857/S0002188121090088.
25. Guo W, Nazim H, Liang Z. Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. *The Crop Journal*. 2016;4:483-491. DOI: 10.1016/j.cj.2015.11.003.
26. Smirnova LG, Mihajlenko II, Smirnov GV, et al. Osobennosti profil'nogo i prostranstvennogo raspredeleniya nitratnogo azota v pochvah erozionnyh landshaftov. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2020;34(5):13-17. (In Russ.). DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10502.
27. Weng Y, Yang G, Wang L, et al. Changes in water-soluble nitrogen and organic carbon in the post-fire litter layer of Dahurian larch forests. *Plant Soil*. 2021;464:131-148. DOI: 10.21203/rs.3.rs-164502/v1.
28. Yakimenko VN. Fiksaciya kaliya i ammoniya pochvoj agrocenozov. *Agrohimiya*. 2011;8:3-7. (In Russ.). EDN: NYICEN.
29. Red'ko GI, Ogievskij DV, Nakvasina EN, et al. *Bioekologicheskie osnovy vyrashchivaniya seyancev sosny i eli v pitomnikah*. Moscow: Lesnaya promyshlennost'; 1983. 64 p.
30. He T, Lamont BB, Pausas JG. Fire as a key driver of Earth's biodiversity. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*. 2019;94(6):1983-2010. DOI: 10.1111/brv.12544.
31. Ngole-Jeme VM. Fire-Induced Changes in Soil and Implications on Soil Sorption Capacity and Remediation Methods. *Applied Sciences*. 2019;9:34-47. DOI: 10.3390/app9173447.

Статья принята к публикации 22.01.2026/ The article accepted for publication 22.01.2026

Информация об авторах:

Ольга Сергеевна Вологодина, научный сотрудник лаборатории географии и регионального природопользования, кандидат биологических наук

Екатерина Анатольевна Банщикова, младший научный сотрудник лаборатории географии и регионального природопользования, кандидат сельскохозяйственных наук

Татьяна Витальевна Желибо, младший научный сотрудник лаборатории географии и регионального природопользования

Галина Анатольевна Заплетнюк, научный сотрудник лаборатории географии и регионального природопользования, кандидат биологических наук

Надежда Викторовна Помазкова, научный сотрудник лаборатории эколого-экономических исследований, кандидат географических наук

Information about the authors:

Olga Sergeevna Vologdina, Researcher at the Laboratory of Geography and Regional Environmental Management, Candidate of Biological Sciences

Ekaterina Anatolyevna Banshchikova, Junior Researcher, the Laboratory of Geography and Regional Environmental Management, Candidate of Agricultural Sciences

Tatiana Vitalievna Zhelibo, Junior Researcher at the Laboratory of Geography and Regional Environmental Management

Galina Anatolyevna Zapletnyuk, Researcher, the Laboratory of Geography and Regional Environmental Management, Candidate of Biological Sciences

Nadezhda Viktorovna Pomazkova, Researcher at the Laboratory of Ecological and Economic Research, Candidate of Geographical Sciences

