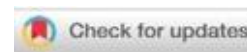


УДК 631.445, 631.423.5, 631.413.3
<https://doi.org/10.31251/pos.v8i3.313>



Почвы Кучук-Кулундинских приозерных ландшафтов (Алтайский край): морфология, засоление, классификационное положение

© 2025 Ю. В. Симонова ¹, Г. А. Касаткина ², М. В. Чарыкова ¹, О. Р. Жунусова ¹

¹ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Университетская наб., 7–9, Санкт-Петербург, 199034, Россия. E-mail: uvsim@yandex.ru

²Центральный музей почвоведения имени В.В. Докучаева – филиал ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева», Биржевой пр., 6, Санкт-Петербург, 199034, Россия. E-mail: kasatkina-galina@mail.ru

Цель исследования. Выявить особенности почвообразования приозерных Кучук-Кулундинских ландшафтов, выделив среди них общие провинциальные особенности и связанные с влиянием местных литолого-геоморфологических и геохимических условий.

Место и время проведения. Степная и сухостепная почвенная зона Западной Сибири, Кулундинская степь, Алтайский край. Полевые исследования проведены в 2020–2021 гг.

Методы. Изучались морфологические признаки (макро- и мезоуровень), важные для диагностики форм карбонатов, солонцового процесса и засоления, литологических особенностей почв. Определялись показатели засоления, обменные катионы, содержание карбонатов, органического вещества и гранулометрический состав.

Основные результаты. При обследовании почв Кучук-Кулундинских приозерных ландшафтов выявлено, что черноземы относятся к Предалтайской степной провинции, каштановые почвы – к Предалтайской сухостепной провинции, солончаки формируются в дельтах рек, понижениях с близко залегающими грунтовыми водами. Почвы сформированы на слоистых озерно-аллювиальных отложениях с высокой долей пылеватой фракции в гранулометрическом составе и неоднородностями по содержанию песчаной фракции. Характерными чертами черноземов является малая мощность гумусовых горизонтов и преобладание дисперсных форм карбонатов. Это подтверждает ряд литературных данных о морфологическом строении западносибирских черноземов. В каштановых почвах на террасах котловин озер Кучук и Кулундинское хорошо оформленные карбонатные новообразования в виде белоглазки отсутствуют, распространены формы карбонатных новообразований в виде пропитки и расплывчатых пятен. Черноземы и каштановые почвы Кучук-Кулундинских ландшафтов относятся к солонцеватым и засоленным подтипам с сильной и очень сильной степенью засоления. Солевой профиль срединно-аккумулятивного вида; в ионно-солевом составе преобладают сульфаты и натрия. В химизме засоления черноземов сильнее, чем в каштановых почвах, выражено участие соды. В солонцеватых почвах очень высока доля поглощенного натрия и магния. Почвы под лесополосами имеют более высокое содержание органического вещества, глубже выщелочены от карбонатов и практически не содержат легкорастворимых солей.

Заключение. Провинциальными особенностями почв является маломощный гумусовый профиль и дисперсные формы карбонатных новообразований. Влияние геоморфологических и литолого-геохимических условий приозерных ландшафтов заключается в распространении засоленных и солонцеватых разностей. Высокая карбонатность, засоление, литологическая слоистость и специфика гидротермического режима глубоко промерзающих почв определяют структуру срединных и нижних горизонтов профиля. Под лесозащитными полосами формируются черноземы глинисто-иллювиальные оподзоленные, незасоленные и значительно выщелоченные от карбонатов.

Ключевые слова: Кулундинская степь; черноземы южные; черноземы дисперсно-карбонатные; каштановые почвы; черноземы оподзоленные; пропиточные карбонаты; лесополосы.

Цитирование: Симонова Ю. В., Касаткина Г. А., Чарыкова М. В., Жунусова О. Р. Почвы Кучук-Кулундинских приозерных ландшафтов (Алтайский край): морфология, засоление, классификационное положение // Почвы и окружающая среда. 2025. Том 8. № 3. е313. DOI: [10.31251/pos.v8i3.313](https://doi.org/10.31251/pos.v8i3.313)

ВВЕДЕНИЕ

Изучению засоленных почв Кулундинской степи посвящены многочисленные работы (Герасимов, Иванова, 1934; Ковда, 1946; Почвы Алтайского края, 1959; Базилевич, 1965; Почвы Кулундинской степи, 1967; Курачев, Рябова, 1981; Казанцев, 1990; Засоленные почвы ..., 2006). Алтайский край занимает лидирующее положение среди субъектов Сибирского федерального округа по площади пахотных земель, поскольку обладает большими ресурсами плодородных почв. Однако почвы здесь подвержены деградационным процессам как и многие другие аридные земли – засолению,

осолонцеванию, дефляции (Meyer et al., 2008); поэтому в научной литературе большое внимание уделялось вопросам их мелиорации и повышения плодородия. Вместе с тем, с точки зрения субстантивно-генетического подхода и анализа провинциальных особенностей юга Западной Сибири, влияющих на классификационное положение, почвы Кулунды изучены недостаточно, а современное разнообразие почв в печати отражено слабо (Смоленцев и др., 2010; Смоленцева, 2020; Кравцов, Смоленцева, 2022). Территории же приозерных равнин менее других использовались в сельском хозяйстве и поэтому изучены в еще меньшей степени (Королюк и др., 2008).

О том, что Кулунда является областью активного соленакопления говорит наличие множества соленых и горько-соленых озер с минерализацией от 1 до 430 г/л (Колпакова и др., 2015). В ряде озер имеются богатые месторождения солей: соды (озера системы Танатар), гипса (озеро Жира), поваренной соли (озеро Бурлинское), мирабилита (озеро Кучукское). Наличие солей в количестве свыше 300 г/л в ряде озер Кулунды свидетельствует об отсутствии оттока из растворов соляных озер (Ковда, 1946).

Озера Кучук и Кулундинское питаются за счет рек Суетка, Кулунда и Кучук, представляя собой наиболее пониженную в рельефе область аккумуляции стока. Кучук-Кулундинская озерно-бассейновая система является крупнейшей на юге Западной Сибири и имеет площадь 24100 км² (Булатов и др., 2005); этот бассейн включает в себя более 5000 озер.

В то время как повышенные и хорошо дренированные водораздельные пространства Кулундинской степи характеризуются однотипным почвенным покровом с господством черноземов и каштановых почв, озерно-аллювиальные равнины, древние ложбины стока и их дельты отличаются преобладанием сложных сочетаний и комплексов полугидроморфных и гидроморфных почв с солонцами и солончаками (Почвы Кулундинской степи, 1967; Засоленные почвы ..., 2006).

Разнообразие почв приозерных ландшафтов Кучук-Кулундинской системы определяется ее положением на границе двух почвенных зон – зоны обыкновенных и южных черноземов степи (Предалтайской степной провинции) и зоны темно-каштановых почв сухой степи (Предалтайской сухостепной провинции) (Цифровая версия ..., 2019). При этом неоднородность почвенного и растительного покрова равнин Кучук-Кулундинской озерной системы усиливается за счет различий в гидрохимическом режиме (Королюк и др., 2008), обусловленных рельефом, литологией, перераспределением солей в пределах бессточной области.

Целью настоящей работы было выявить особенности почвообразования приозерных Кучук-Кулундинских ландшафтов. В задачи исследования входило: определить морфологические признаки и показатели почвенных свойств, важные для установления классификационного положения, оценить провинциальные особенности и основные факторы дифференциации почв.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Территория исследования. Район исследования расположен на территории Алтайского края в центральной части Кулундинской степи, на юге Обь-Иртышского междуречья (рис. 1). Озера Кучук и Кулундинское являются частью одной системы и связаны протокой, естественный сток по которой нарушен. При этом чаша озера Кучук приурочена к максимально опущенной части Кулундинской впадины.

Химический анализ воды, выполненный нами летом 2021 г. показал (табл. 1), что по сравнению с Кулундинским озером, которое относится к озерам транзитного стока, озеро Кучук обладает значительно более высокой минерализацией. По общему содержанию солей Кулундинское озеро относится к рассолам (> 100 г/л), озеро Кучук – к сверхкрепким рассолам (> 300 г/л). Последнее является крупнейшим в Западной Сибири месторождением мирабилита.

Таблица 1

Химический состав рассолов озер Кучук-Кулундинской системы

Точка отбора	pH	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Минерализация
		г/л								
Оз. Кучук, авг. 2021 г.	7,2	0,0	0,7	161,7	51,7	0,2	13,2	82,2	0,7	311
Оз. Кулундинское, авг. 2021 г.	8,2	0,4	1,5	53,6	26,9	0,1	5,0	32,6	0,6	121

В макрокомпонентном составе обоих озер преобладают хлориды, сульфаты и натрий (см. табл. 1). По классификации Курнакова-Валяшко (Валяшко, 1962) оба озера относятся к сульфатному гидрохимическому типу.

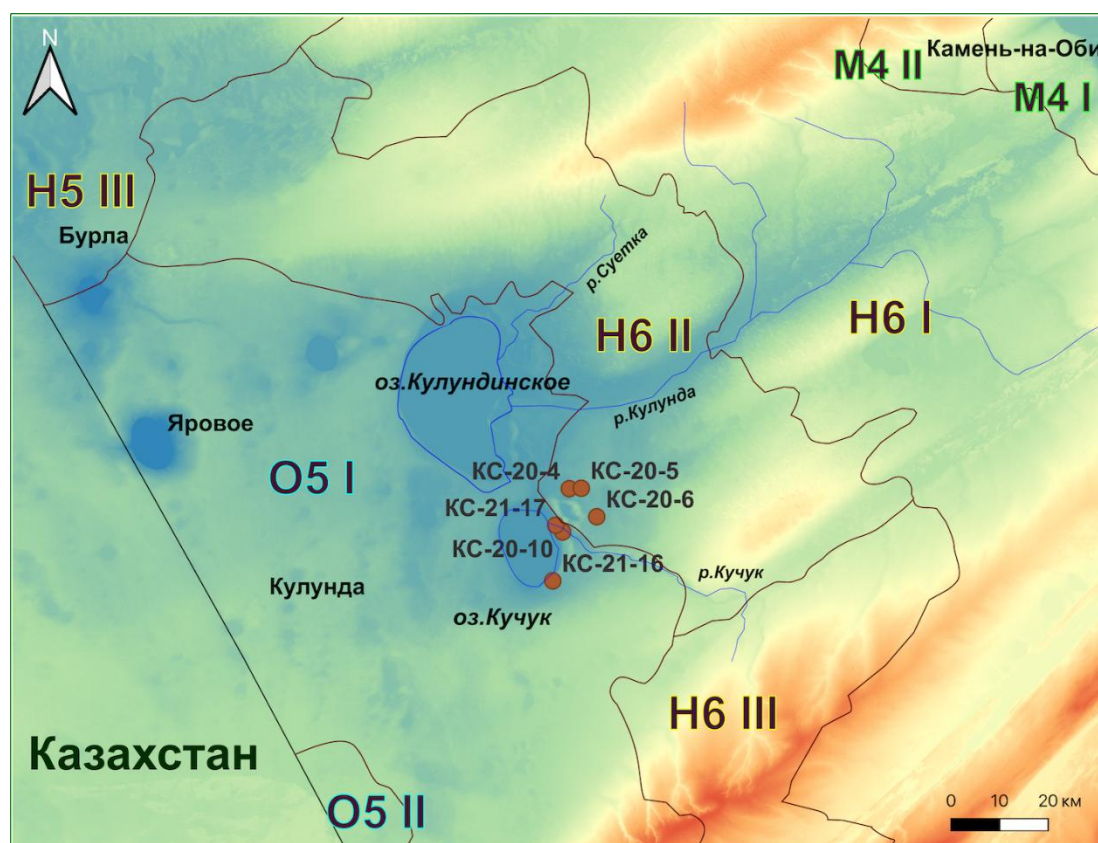


Рисунок 1. Схема расположения объектов исследования на основе цифровой модели рельефа в QGIS с подложкой из космоснимков высокого разрешения. На карте нанесены площадки с почвенными разрезами и границы почвенных провинций и округов (Цифровая версия ..., 2019): М4 I – Предалтайская лесостепная провинция, Верхнеобский округ; М4 II – Предалтайская лесостепная провинция, Бийско-Чумышский округ; Н5 III – Западно-Сибирская степная провинция, Карасукский округ; Н6 I – Предалтайская степная провинция, Кулундинско-Алейский округ; Н6 II – Предалтайская степная провинция, Бурла-Кучукский округ; Н6 III – Предалтайская степная провинция, Алейский округ; О5 I – Предалтайская сухостепная провинция, Кулундинский округ; О5 II – Предалтайская сухостепная провинция, Михайловский округ.

Отбор почвенных проб был выполнен в июле 2020 г. и августе 2021 г. Три разреза были заложены на территории приводораздельного пространства: КС-20-4 (52°48'19" с.ш., 79°55'48" в.д.), КС-20-5 (52°48'19" с.ш., 79°55'50" в.д.), КС-20-6 (52°45'11" с.ш., 79°58'44" в.д.). Два разреза КС-20-10 (52°44'6" с.ш., 79°51'13" в.д.) и КС-21-16 (52°37'59" с.ш., 79°50'53" в.д.) были заложены на террасах озер Кучук и Кулундинское, разрез КС-21-17 (52°44'10" с.ш., 79°51'13" в.д.) – в дельте р. Кучук (рис. 2).

Климат. Средняя годовая температура Центральной Кулунды (по данным метеостанции Славгород) составляет 2,0° С. По сравнению с Алтайским краем район исследования характеризуется более высокими летними температурами и наибольшей теплообеспеченностью. Температура самого теплого месяца (июль) составляет 20,8 °С, сумма активных температур – 2400° С (Харламова, 2013).

В Кулундинской степи выпадает меньше всего осадков по Алтаю – 250–300 мм в год, из которых до 70% влаги приходится на теплый период (с апреля по октябрь). Продолжительность периода без дождей также наибольшая по краю – от 80 до 100 дней. Гидротермический коэффициент равен 0,4–0,5 (Славгород, Рубцовск) (Харламова, 2013).

В зимнее время в районе наибольшего понижения Кулундинской впадины фиксируются одни из самых низких зимних температур по сравнению со всей равнинной частью Алтайского края. Температура самого холодного месяца (январь) составляет –18,9° С. Здесь же, в районе Центральной Кулунды, отмечается наибольшая суровость зимы, которая оценивается по сумме температур ниже –15° С. Сумма температур ниже –15° С составляет 1640° С (Харламова, 2013). При этом высота снежного покрова степной Кулунды наименьшая по сравнению с остальной частью Алтайского края и составляет 20–25 см (Харламова, Казарцева, 2017).

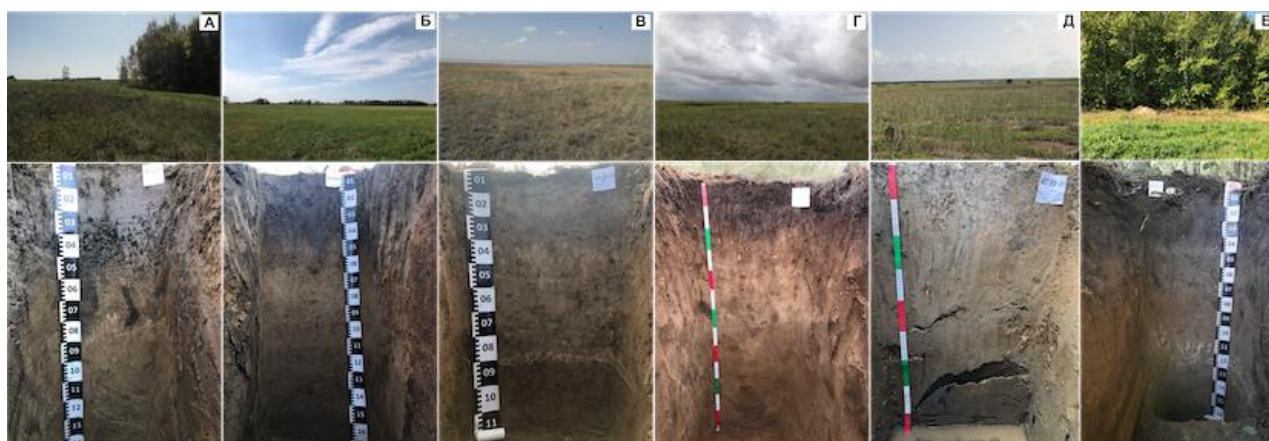


Рисунок 2. Площадки мест заложения разрезов и профили почв: А – разрез КС-20-5, чернозем под залежью (солodka, полынь); Б – разрез КС-20-6, чернозем под косимой залежью (солонечниково-типчаковая степь); В – разрез КС-20-10, каштановая почва под галофитной степью; Г – разрез КС-21-16, каштановая почва под типчаковой степью; Д – разрез КС-21-17, солончак под лебедово-тростниковой растительностью; Е – разрез КС-20-4, чернозем под лесополосой из тополевого.

Низкие зимние температуры и малоснежность приводят к глубокому и длительному промерзанию почв. В целом для Кулундинской степи глубина промерзания варьирует от 1,6 до 3,2 м (Почвы Кулундинской степи, 1967), в районе Кулундинского озера – от 1,5 до 2,0 м (Харламова, 2013).

Таким образом, для Центральной Кулунды характерна высокая амплитуда колебаний температуры в течение года. В летний период температура поверхностных слоев почвы здесь может достигать значений свыше 60°C , а зимой может опускаться до -54°C . Вследствие такого контраста летних и зимних температур ранее климат Кулунды в основном характеризовался как резко континентальный; однако в современных публикациях это мнение не поддерживается, климат Алтайского края, за исключением отдельных территорий, характеризуется как умеренный континентальный (Харламова, 2013).

Начиная с 1990-х гг. в пределах Кулундинской равнины и Приобского плато отмечается значительное потепление климата. Ухудшилась динамика неблагоприятных природных явлений: увеличилось число дней с суховеино-засушливой погодой и число пыльных бурь. Нарастание сумм тепла, как и сокращение теплообеспеченности летом происходит быстрее и энергичнее, чем аналогичные процессы зимой. Увеличивается количество и продолжительность периодов без дождей, а выпадающие осадки, имея ливневый характер, слабо пополняют запасы почвенной влаги (Харламова, 2013).

Почвообразующие породы. Кулундинская равнина, сформированная в результате тектонического опускания земной коры, сложена толщами палеогеновых, неогеновых и четвертичных морских отложений, засоленных остаточными солями морского состава и гипсом. С поверхности она перекрыта плащом четвертичных отложений и слабо дренирована сетью неглубоко врезанных речных систем (Боровский, 1978).

Обширное Приобское плато грядово-увалистых возвышенностей сложено преимущественно лессовидными суглинками, которые подстилаются слоистой песчано-глинистой толщей. Широкие и глубокие ложбины древнего стока Приобского плато выполнены песками, подстилаемыми на небольшой глубине песчано-глинистыми отложениями (Почвы Кулундинской степи, 1967).

Верхнечетвертичная толща Кулунды представлена пылеватыми супесями, глинистыми песками и лессовидными суглинками, возникшими в результате переэвентации аллювиальных наносов древних рек, пески которых прошли стадию эолового переотложения. Широкая плоская терраса Кучук-Кулундинской озерной котловины сложена комплексом озерно-аллювиальных отложений (карасукская свита): суглинки, супеси, глины, прослойки мергелей, пески (Почвы Кулундинской степи, 1967; Государственная геологическая карта ..., 2015).

Почвенно-географическое районирование. В районе Кучук-Кулундинской системы озер проходит граница двух почвенных зон (см. рис. 1). В пределах степной зоны почвы относятся к Предалтайской степной провинции (Н6), Бурла-Кучукскому округу (Н6 II) черноземов южных среднетощих мало- и среднетумусных, черноземов солонцеватых и лугово-черноземных

солонцеватых и солончаковатых среднесуглинистых почв (Урусевская и др., 2020). Территория провинции имеет равнинный облик, на фоне которого выделяется Приобское лессовое плато и ложбины древнего стока (Добровольский, Урусевская, 2006). Рельеф округа относится к плоским, плоско- и грядно-волнистым озерно-аллювиальным равнинам.

Почвы сухостепной почвенной зоны относятся к Предалтайской сухостепной провинции (О5), Кулундинскому округу (О5 I) темно-каштановых и каштановых почв с участием солонцов луговых суглинистых песчаных, подстилаемых песчаными и супесчаными породами, на озерно-аллювиальных отложениях (Урусевская и др., 2020).

Методы исследования. Морфологический анализ почв проведен при полевом обследовании профилей и более детально (на мезоуровне) при обследовании образцов почв с помощью цифрового комплекса визуализации МС-АФ (Россия).

Химический анализ почв выполнен общепринятыми методами. Содержание органического вещества (C_{org}) определяли по методу Тюрина; CO_2 карбонатов – гравиметрическим методом по изменению массы навески в результате обработки 5 н. HCl (Растворова и др., 1995); состав обменных оснований – методом Пфедффера в модификации Молодцова и Игнатовой с комплексонометрическим окончанием для Ca^{2+} и Mg^{2+} и пламенно-фотометрическим окончанием для Na^+ (Воробьева, 1998).

Состав солей определяли стандартными методами в водной вытяжке при соотношении почва и вода 1:5 (Воробьева, 1998). Концентрации Na^+ и K^+ измеряли на анализаторе ICPE-9000 методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой. Гранулометрический состав почв определяли пипет-методом с пирофосфатной обработкой (Растворова, 1983).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Особенности макро- и мезоморфологического строения. По сравнению с черноземами Русской равнины западносибирские черноземы имеют более короткий гумусовый профиль до 40–45 см (см. рис. 2 А, Б, Е). Глубокое промерзание, замерзание почв до покрытия снегом либо при малой его толщине, их позднее оттаивание и неглубокое промачивание приводит к растрескиванию почв. Результатом таких условий промерзания и промачивания являются языковатость гумусового горизонта (Горшенин, 1955). Вместе с резким летним иссушением эти условия способствуют тому, что время активной биологической деятельности сокращается, а корни растительности сосредоточены близко к поверхности, поэтому почва обладает невысокой степенью гумусированности и малой мощностью гумусовой толщи (Семина, Вередченко, 1962).

Верхние гумусовые горизонты черноземов имеют крупнокомковатую, комковато-ореховатую и комковато-мелкоглыбистую структуру (рис. 3 А). В нижней части гумусовой толщи хорошо заметны признаки солонцеватости: высокая плотность, компактность, ореховато-призматическая структура и темные кутаны (рис. 3 Б, В). О солонцеватости черноземов южных Западно-Сибирской равнины хорошо известно из литературы (Герасимов и др., 1963).

В каштановых почвах, как в почвах более ксероморфного типа, мощность гумусового горизонта сокращается до 10 см. Структура горизонта АJ мелкоглыбистая и отличается более светлой окраской с коричневым оттенком (рис. 3 Г).

Карбонатные новообразования черноземов представлены диффузными формами – пропитка и пятна. В горизонтах, переходных к породе, наблюдаются субгоризонтальные и субвертикальные карбонатные полосы (см. рис. 2 В, Е), свидетельствующие о колебаниях глубины промачивания.

На уровне мезоморфологии хорошо видны дисперсные и миграционные формы карбонатов – скопления мучнистого кальцита, прожилки-тяги (рис. 4 А), пропитка и пятна (рис. 4 Б), околоторовая сегрегация (рис. 4 В), выпоты-налеты (рис. 4 Г), редкие карбонатные кутаны по порам и на щебне (рис. 4 Д).

Каштановые почвы Кучук-Кулундинской системы озер характеризуются не только маломощным гумусовым горизонтом, но и более высокой границей вскипания (около 30 см). Морфология новообразований аккумулятивно-карбонатного горизонта каштановых почв отличается от наблюдаемых в черноземах несколько лучшей сегрегированностью. На фоне пропиточных форм выделяются рыхлые округлые формы, более и менее объемные (рис. 4 Е). Однако первые встречаются реже. Они представляют собой округлые новообразования (15 мм) с рыхлой оболочкой и ядром около 5 мм. В данном случае горизонту САТ каштановых почв больше соответствует предложенный ему на замену Н.Б. Хитровым и М.И. Герасимовой (Хитров, Герасимова, 2021) горизонт ВСА, дополненный признаками dc и nc .

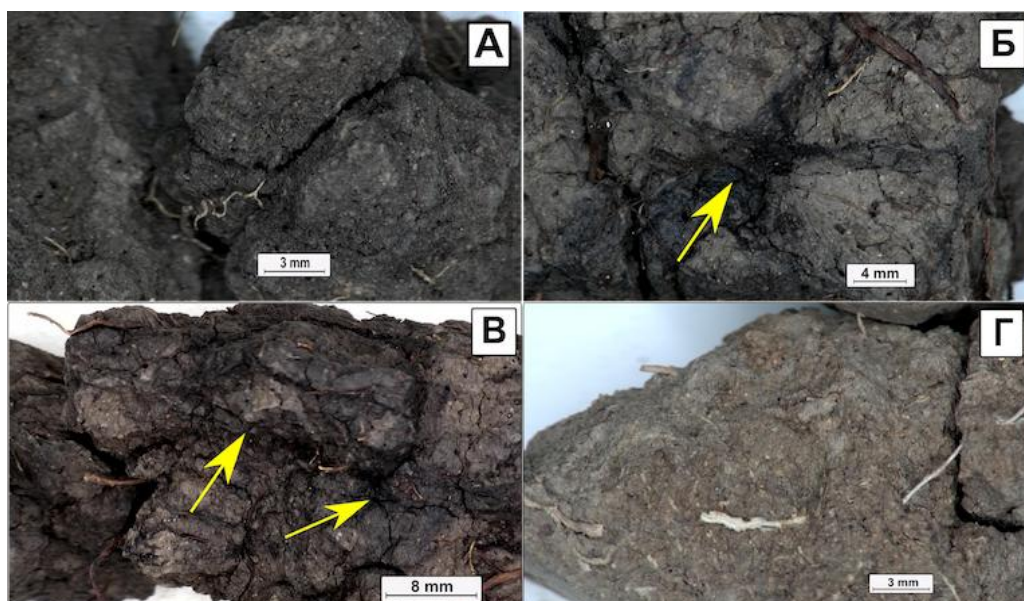


Рисунок 3. Детали морфологического строения гумусовых горизонтов почв: (А) глыбистая структура, АУра (0–10 см) р. КС-20-6; (Б) и (В) гумусовые кутаны (отмечены стрелками) по поверхностям агрегатов, АУsn (25–43 см) р. КС-20-5; (Г) глыбистая структура, коричневатая окраска, АJ (0–10 см) р. КС-21-16.

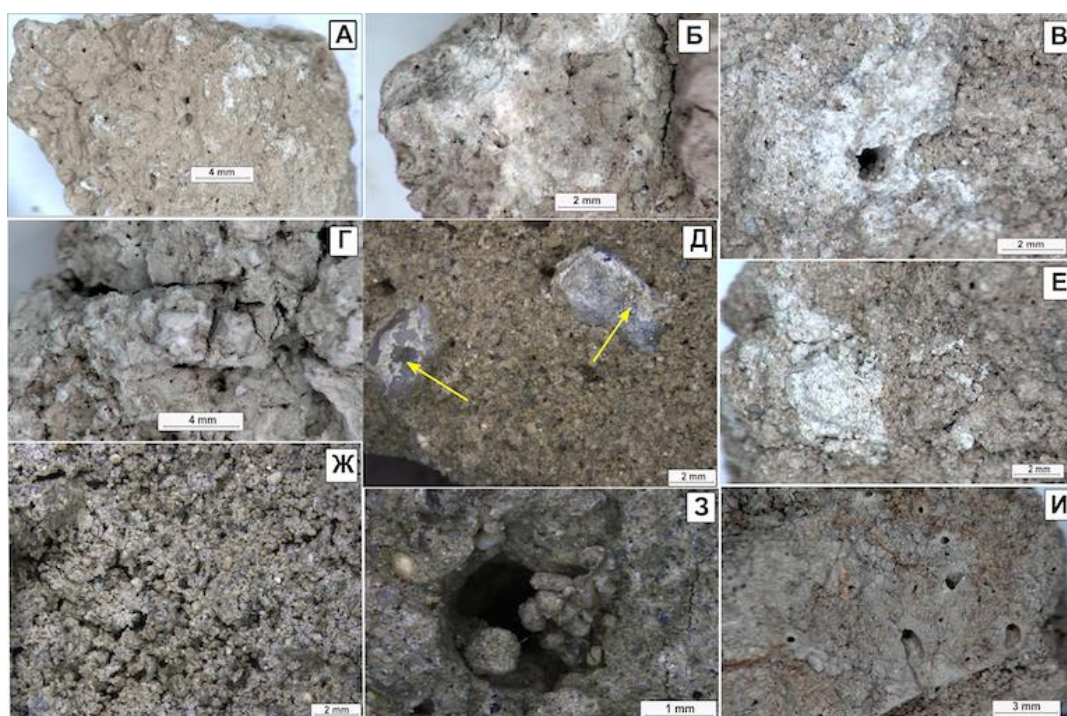


Рисунок 4. Детали морфологического строения почв: (А) поры, мучнистые карбонатные тяжи, ВСAdc,s (105–115 см) р. КС-20-5; (Б) поры, карбонатные пропиточные пятна, ВСAdc,s (105–115 см) р. КС-20-5; (В) околопоровая сегрегация карбонатов, САТs (25–35 см) р. КС-21-16; (Г) карбонатная пропитка и налеты, Сса,s (135–155 см), р. КС-20-5; (Д) карбонатные кутаны на поверхности дресвы, 2Сса2 (110–130 см) р. КС-21-16; (Е) мучнистые карбонатные пятна, САТ (25–35 см) р. КС-21-16; (Ж) творожисто-коагуляционная структура, Сса,s (125–135 см) р. КС-20-6; (З) копролиты, ВСAdc,s (90–100 см) р. КС-20-6; (И) творожистая структура, поры, ожелезнение на карбонатном фоне, Сса,s (90–110 см) р. КС-20-10.

Особенностью карбонатных горизонтов, включая почвообразующую породу как черноземов, так и каштановых почв, является наличие солей, губчатое и творожистое строение, обилие биогенных пор, копролитов, газовых пор и пустот растворения (рис. 4 Д–И).

Контрастным компонентом почвенного покрова являются почвы, расположенные под поλεзащитными лесными полосами. Их гумусовая толща значительно более дифференцирована (см. рис. 2 Е). Верхние гумусовые горизонты комковатой и комковато-ореховатой структуры с элементами угловатости (рис. 5 А, Б). В нижней части структура становится призмовидной, появляются признаки оподзоливания (см. рис. 2 Е; 5 В).



Рисунок 5. Детали морфологического строения почв под лесозащитной полосой (разрез КС-20-4): (А) комковатая структура, АU1 (0–8 см); (Б) комковато-ореховатая структура, АU2 (15–25 см); (В) призмовидная структура оподзоленной части гумусового горизонта, тонкие железистые прожилки по ходам корней, АUe (33–42 см); (Г) призмовидная структура, ВI (45–65 см); (Д) карбонатная пропитка и прожилки, поры чистые, ВCAdc1 (85–95 см); (Е) карбонатные налеты, ВCAdc2 (100–120 см); (Ж) плитчатая структура, поры, карбонатные налеты, Сса (130–150 см); (3) опесчаненный слой породы с карбонатной пропиткой, 2Сса (150–160 см).

Между гумусовым и карбонатным горизонтом выщелоченная толща мощностью около 40 см. Горизонт выщелачивания имеет призмовидную структуру (рис. 5 Г) и слабые глинистые кутаны, свидетельствующие об иллювиировании глины.

Для аккумулятивно-карбонатных горизонтов и почвообразующей породы характерны дисперсные формы карбонатов и тонкие поры (рис. 5 Д–Ж), подобные тем, что встречались в рассмотренных выше черноземах. В горизонтах породы структура становится плитчатой (см. рис. 5 Ж), что обусловлено озерно-аллювиальным генезисом отложений, а с глубины 150 см происходит литологическая смена на значительно более опесчаненную толщу, также пропитанную карбонатами (рис. 5 3).

Гранулометрический состав. Отложения, на которых сформированы черноземы, занимающие приводораздельные пространства, имеют тяжелый гранулометрический состав (средне- и тяжелосуглинистый) с содержанием физической глины от 35 до 50% (рис. 6 А, Б).

Верхняя часть отложений более однородна. В гранулометрическом составе высока доля крупной пыли (20–30%), ила (более 20%) и мелкого песка (более 20%). Вместе с тем, наличие заметного количества крупнопесчаной фракции не позволяет отнести их к лессовидным суглинкам. Наличие высокой доли крупной пыли связано, по всей видимости, с перевеянностью отложений и поступлением материала с окружающих с севера и востока поверхностей Приобской равнины, сложенной лессоидами (Государственная геологическая карта ..., 2015).

В нижней части обнаруживается слоистость с включением прослоев с высоким содержанием крупного и мелкого песка (40–50%) и наличием скелетной части (1–3%), что прямо указывает на их озерно-аллювиальное происхождение.

Каштановые почвы, расположенные на террасах, так же как и черноземы имеют средне- и тяжелосуглинистый состав. Спецификой озерно-аллювиальных отложений, слагающих террасы, является лучшая сортированность и перемытость материала, более высокая доля песка и меньшая доля крупной пыли, смена контрастных по гранулометрическому составу слоев (рис. 6 В).

Распределение фракции ила по профилю черноземов относительно равномерное, с некоторым накоплением в средней части чернозема под лесополосой (см. рис. 6 А) и в нижней части гумусовых горизонтов черноземов с признаками солонцеватости (см. рис. 6 Б). У каштановых почв накопление ила заметно в горизонте ВМКsn (см. рис. 6 В).

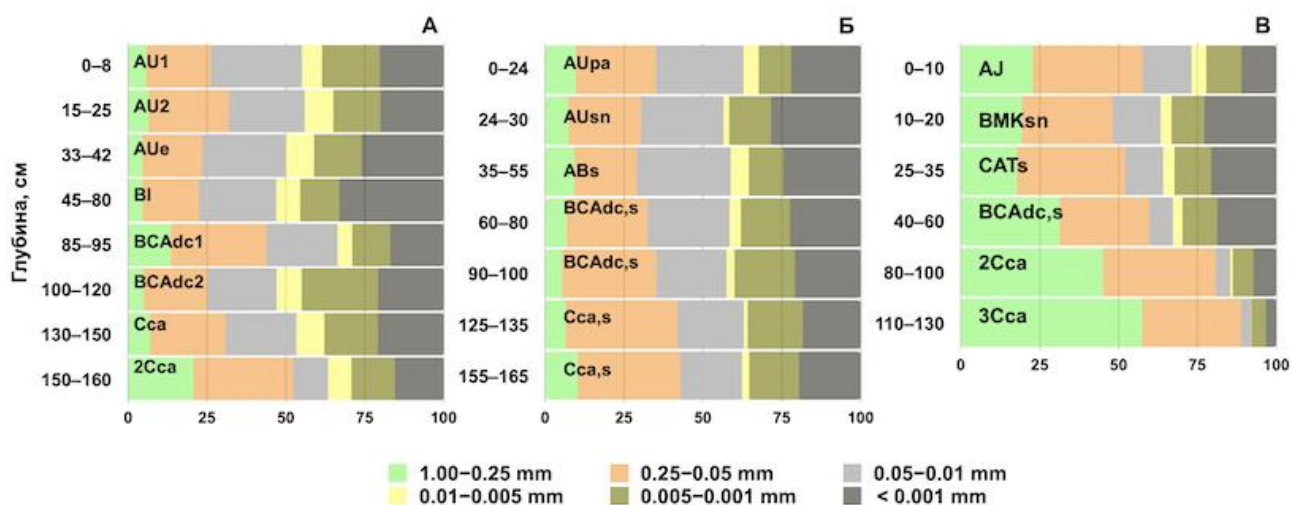


Рисунок 6. Гранулометрический состав: (А) чернозема под лесополосой (разрез КС-20-4); (Б) чернозема под косой залежью (разрез КС-20-6); (В) каштановой почвы (разрез КС-21-16).

Содержание органического вещества. Невысокое содержание $C_{орг}$ (от 1,5 до 2,4%) в изученных нами черноземах (разрез КС-20-5, КС-20-6) типично для черноземов южных западносибирских (табл. 2).

По содержанию $C_{орг}$ исследованные черноземы, расположенные на приводораздельном пространстве, относятся к виду мало- и среднегумусированных (Классификация ..., 2004).

В каштановых почвах сухой степи содержание $C_{орг}$ не превышает 1,5% (см. табл. 2).

Изученная нами почва под лесополосой из тополельника (разрез КС-20-4) отличалась более высоким по сравнению с остальными почвами содержанием $C_{орг}$ (до 3%).

Карбонатный профиль. Содержание карбонатов во всех почвах высокое (10–20%). В вертикальном распределении карбонатов имеются как внутривертикальные максимумы, так и варианты нарастания карбонатности с глубиной, с максимумом в почвообразующей породе (см. табл. 2). В последнем случае аккумулятивно-карбонатный горизонт выделяется по наличию морфологически более выраженных форм карбонатов по сравнению с породой, хотя в случае дисперсных карбонатных образований четкое выделение аккумулятивно-карбонатного горизонта затруднено.

Максимум карбонатов в верхнем горизонте был отмечен только у солончака (разрез КС-21-17) в дельте р. Кучук (см. табл. 2), что указывает на его окарбоначивание в условиях испарительного режима.

Чернозем под лесополосой (разрез КС-20-4) выделяется наиболее высоким содержанием карбонатов среди остальных почв, однако карбонатный горизонт залегает значительно глубже. Мощность выщелоченной толщи достигает 80 см (см. табл. 2).

Катионообменные свойства. Сумма обменных оснований у черноземов и каштановых почв составляет от 20 до 30 смоль(+)/кг почвы (см. табл. 2). Среди оснований преобладают кальций и магний. В то же время доля обменного натрия в гумусовых горизонтах черноземов и каштановой почвы (разрез КС-21-16) высока и превышает 10% от суммы оснований. Высокая доля обменного натрия, щелочная и сильнощелочная реакция среды (см. табл. 2), морфологические признаки горизонтов – высокая плотность, потечность гумуса, призматическая структура, относят черноземы и каштановую почву к солонцеватым подтипам.

По-видимому, проявление солонцеватости связано не только с присутствием обменного натрия в почвенном поглощающем комплексе (ППК). В отдельных работах было показано, что высокое содержание обменного магния способно еще более усиливать пептизирующее действие натрия (Хитров, 2004). Так, в изученных нами солонцеватых черноземах и каштановой почве доля обменного магния в ППК высокая и превышает долю кальция.

Таблица 2

Величины pH, содержание гумуса и карбонатов, состав обменных катионов

Горизонт	Глубина, см	С _{орг}	Карб.	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
		%			смоль(+)/кг почвы			% от суммы обменных оснований		
КС-20-5 Чернозем дисперсно-карбонатный солонцеватый засоленный маломощный среднесуглинистый Tonguic Protocalcic Chernozem (Loamic, Humic, Salic, Sodic)*										
AUpa	0–25	2,37	отс.	7,0	14,0	9,6	3,0	53	36	11
AUsn	25–40	1,68	отс.	8,8	10,0	11,6	4,5	38	45	17
ABdc,s	45–65	0,48	2,1	8,9	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
BCAdc,s	80–100	н/о	12,0	9,4	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
BCAdc,s	105–115	н/о	13,7	9,1	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Cca,s	135–155	н/о	24,2	8,6	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
КС-20-6 Чернозем дисперсно-карбонатный солонцеватый засоленный среднемощный легкосуглинистый Tonguic Protocalcic Chernozem (Loamic, Humic, Salic, Sodic)*										
AUpa	0–24	1,61	отс.	9,2	9,2	11,8	5,0	36	45	19
AUsn	24–30	1,12	отс.	9,6	7,2	11,2	6,0	30	46	24
ABs	35–55	0,41	1,8	9,3	6,0	10,4	0,0	37	63	0
BCAdc,s	60–80	н/о	20,1	9,5	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
BCAdc,s	90–100	н/о	19,7	9,5	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Cca,s	125–135	н/о	6,5	9,6	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Cca,s	155–165	н/о	7,3	9,4	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
КС-20-10 Каштановая засоленная мелкая среднесуглинистая Protocalcic Someric Kastanozem (Loamic, Salic)*										
AJs	0–13	1,20	отс.	8,3	19,0	8,0	1,0	68	29	3
BMKs	13–30	0,64	3,5	8,9	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
CATs	30–42	н/о	7,9	8,6	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
BCAdc,s	50–80	н/о	11,9	8,6	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Cca,s	90–110	н/о	12,8	8,9	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
КС-21-16 Каштановая солонцеватая засоленная мелкая среднесуглинистая Protocalcic Someric Kastanozem (Loamic, Salic, Sodic)*										
AJsn	0–10	1,16	отс.	8,1	7,2	7,2	3,0	41	41	18
BMKsn	10–20	1,12	отс.	8,1	7,0	9,8	9,0	27	38	35
CATs	25–35	н/о	4,2	9,0	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
BCAdc,s	40–60	н/о	11,3	9,5	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
2Cca	80–100	н/о	2,9	9,9	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
3Cca	110–130	н/о	1,4	9,9	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
КС-21-17 Солончак глеевый тяжелосуглинистый Gleyic Solonchak (Loamic, Alcalic, Chloridic)*										
S	0–10	0,40	12,4	8,9	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Gca,s1	20–40	н/о	7,2	8,8	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Gca,s2	60–70	н/о	3,4	9,0	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
КС-20-4 Чернозем глинисто-иллювиальный оподзоленный маломощный среднесуглинистый Luvic Greyzem Chernozem (Loamic, Protocalcic, Humic)*										
AU1	0–8	2,96	отс.	6,1	26,5	7,2	0,10	79	21	0
AU2	15–25	2,58	отс.	6,2	25,7	7,5	0,07	77	23	0
AUe	33–42	0,91	отс.	6,4	15,6	8,0	0,06	66	34	0
BI	45–80	0,52	отс.	6,9	16,6	9,1	0,06	65	35	0
BCAdc1	85–95	н/о	8,8	8,6	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
BCAdc2	100–120	н/о	25,2	8,7	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Cca	130–150	н/о	13,1	8,6	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
2Cca	150–160	н/о	9,4	8,7	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о

Примечание.

н/о – значения не определялись.

отс. – при обработке образца отсутствовала реакция на 10% HCl.

*название почв приведено по IUSS Working Group WRB (2022).

Солевой профиль. В черноземах (разрезы КС-20-5, КС-20-6) сумма солей в горизонтах их максимума составила 0,49–0,53%, сумма токсичных солей – 0,48–0,51%. В каштановых почвах (разрезы КС-20-10, КС-21-16) сумма солей составила 0,90–2,06%, сумма токсичных солей – 0,80–1,26%.

В вертикальном распределении солей всех почв наблюдается тенденция к срединно-аккумулятивному виду (рис. 7).

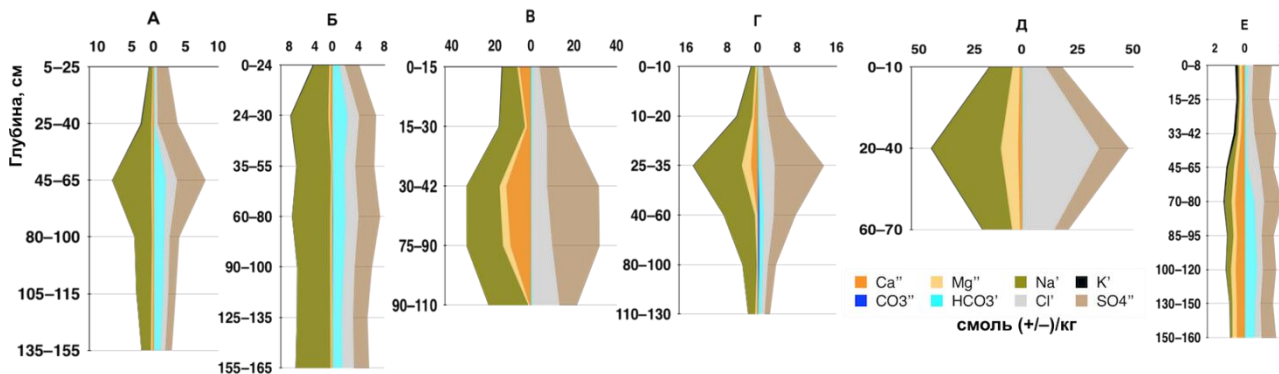


Рисунок 7. Солевые профили почв: (А) разрез КС-20-5, чернозем под залежью; (Б) разрез КС-20-6, чернозем под косимой залежью; (В) разрез КС-20-10, каштановая почва под галофитной степью; (Г) разрез КС-21-16, каштановая почва под типчаковой степью; (Д) разрез КС-21-17, солончак; (Е) разрез КС-20-4, чернозем под лесополосой.

Глубина залегания горизонта максимального накопления солей находится на отметках 25–50 см у черноземов и около 30–40 см у каштановых почв. По глубине этого горизонта почвы относятся к солончаковым и солончаковатым видам.

Наибольшую долю в составе анионов имеют сульфаты, в составе катионов – натрий (см. рис. 7). Сода в составе солей в черноземах не преобладает, но обнаруживает высокие концентрации. Химизм засоления – содово-сульфатный натриевый, степень засоления – сильная.

С участием соды в химизме связаны величины pH свыше 9,0 (см. табл. 2). Такой тип засоления способствует развитию солонцового процесса в почвах Кулундинской степи (Елизаров и др., 2023).

Для провинции сульфатно-содового соленакопления, к которой относится Кулундинская степь, обычно содовое и сульфатно-содовое засоление. Однако в наиболее глубоких понижениях встречается хлоридно-сульфатное засоление (Ковда, 1946). Так, развитые на озерных террасах каштановые почвы имеют хлоридно-сульфатный и хлоридно-сульфатный с гипсом натриевый тип засоления. Гипс в каштановых почвах при морфологическом описании не выявлен, но отмечен аналитически. Почвы относятся к сильной (разрез КС-21-16) и очень сильной степени засоления (разрез КС-20-10).

По сравнению с черноземами в катионном составе солей каштановых почв хорошо заметно присутствие кальция и магния (см. рис. 7 В, Г), что отражается на уменьшении доли натрия в ППК (см. табл. 2). Так, в присутствии солей щелочноземельных оснований накопления соды обычно не происходит (Базилевич, 1965).

Различия в содержании солей каштановых почв мы связываем с гранулометрическим составом. В каштановой почве разреза КС-20-10 (см. рис. 7 В) на сравнительно однородной тяжелосуглинисто-глинистой породе засоление выражено существенно сильнее, чем в почве разреза КС-21-16 (см. рис. 7 Г), развитой на литологически неоднородных озерно-аллювиальных отложениях: подстиление тяжелосуглинистой породы супесчано-песчаной толщей. На зависимость накопления солей от гранулометрического состава и увеличение их содержания по мере его утяжеления указывалось в литературе по почвам Алтайского края (Каблова и др., 2003).

Почва в дельте реки Кучук (разрез КС-21-17) отличается химизмом засоления и более высоким содержанием солей (см. рис. 7 Д). Соленакопление здесь происходит под действием неглубоко залегающих грунтовых вод. Грунтовые воды находятся на глубине 80 см. По данным более ранних исследований с участием авторов статьи грунтовые воды территории, приуроченной к Кучук-Кулундинской озерной системе, имеют сульфатно-хлоридный натриево-магниевый состав, реже – гидрокарбонатно-хлоридный натриевый. Минерализация вод может изменяться от 1 до 136 г/л. Аномально высокие концентрации грунтовых вод объясняются гидравлической связью с поверхностными водами горько-соленых озер.

Присутствие солей в пределах верхних 20 см профиля в количестве, превышающем 1%, и наличие глеевого горизонта дают основание классифицировать почву как солончак гидроморфный. При этом максимум засоления у солончака, как и у других почв, находится не в верхнем горизонте, а на глубине около 30 см. Сумма солей в горизонте максимума составляет 2,72%, сумма токсичных солей – 2,61%.

В составе солей солончака среди анионов преобладают хлориды, среди катионов – натрий, подчиненное положение занимают сульфаты и магний, соответственно. Химизм засоления оценивается как сульфатно-хлоридный магниевое-натриевый.

Почва разреза КС-20-4 под лесополосой (см. рис. 7 Е) содержит соли в количестве, не превышающем 0,1%, поэтому считается незасоленной.

ОБСУЖДЕНИЕ

Почвообразование Кучук-Кулундинских приозерных ландшафтов определяется влиянием как общезональных, так и провинциальных факторов, а также особыми литолого-геохимическими и геоморфологическими условиями, в результате чего почвы отличаются от европейских зональных типов.

Провинциальные черты изученных черноземов (разрезы КС-20-5, КС-20-6) тесно связаны с карбонатным профилем. Считается, что в западной части Предалтайской провинции под разнотравно-типчачково-ковыльными степями наибольшее распространение имеют черноземы южные, для которых характерен горизонт с карбонатами в форме белоглазки (Добровольский, Урусевская, 2006).

В классификации 2004 г. (Классификация ..., 2004) черноземы южные в основном соответствуют черноземам текстурно-карбонатным с выраженным горизонтом белоглазки. Однако в рассмотренных нами черноземах новообразования в виде сегрегационных форм (белоглазки или журавчиков) не встречаются, а в каштановых почвах встречаются редко; преобладают диффузные пропиточные формы карбонатов (Симонова и др., 2024б).

В современных классификациях (Классификация ..., 2004; Полевой ..., 2008) характер карбонатного профиля при выделении подтипов черноземов выведен на первый план, то есть вид карбонатного новообразования отражает модификации горизонта ВСА, учитываемые на уровне подтипа (Хитров, Герасимова, 2022). Поэтому черноземы Кучук-Кулундинских ландшафтов с пропиточными формами мы относим к черноземам дисперсно-карбонатным. Поскольку эти черноземы имеют, кроме того, и признаки солонцеватости, то мы классифицировали их как черноземы дисперсно-карбонатные солонцеватые (Классификация ..., 2004).

Диффузные карбонатные новообразования в степных западносибирских черноземах отмечены в литературе как отличительные провинциальные черты (Смоленцев и др., 2010; Смоленцева, 2020; Кравцов, Смоленцева, 2022). Предполагается, что карбонаты в виде пропитки образуются, когда гидрокарбонатные растворы передвигаются на короткие расстояния вследствие недостатка влаги (Полевой ..., 2008), обусловленного более континентальным климатом по сравнению с климатом европейских черноземов.

Подтип черноземов дисперсно-карбонатных примерно соответствует черноземам южным умеренно и длительно промерзающим в классификации 1977 г. (Классификация ..., 1977). Такие почвы формируются в засушливых степных ландшафтах Сибири: на юге Красноярского края, в Новосибирской и Омской областях, Алтайском крае, Хакасии, степных зонах Тывы (Жуланова, 2010; Шпедт и др., 2019; Черноусенко, 2022). Особенно они находят распространение в межгорных котловинах Прибайкалья и забайкальских степях (Ногина, 1964; Убугунов и др., 2019), то есть в условиях резко континентального климата с долгой и очень холодной малоснежной зимой.

Хорошо известно, что на морфологию карбонатных новообразований непосредственно влияет гидротермический режим почв, однако на сегодняшний день имеющиеся в литературе данные в полной мере не объясняют условий образования пропиточных форм карбонатов (Ковда, Хохлова, 2015). Специально не исследуя этот вопрос, можно предположить, что в отношении форм карбонатных новообразований черноземы южные и каштановые почвы Предалтайской степной и сухостепной провинций (юг Западной Сибири) по карбонатному состоянию занимают промежуточное положение между почвами сухих и засушливых степей Европейской территории России и черноземами и каштановыми почвами, соответственно, восточносибирской группы. В первом случае мы имеем дело с сегрегационными формами в виде белоглазки, во втором – с мучнистыми карбонатами в виде сплошной белесой пропитки, образующейся в результате криогенного окарбонирования. Последние

относятся к фации длительно и глубоко промерзающих почв – промерзают на 2,5–3,5 м, более пяти месяцев находятся в мерзлом состоянии и медленно оттаивают (Добровольский, Урусевская, 2006).

По-видимому, для формирования пропиточных карбонатов в климатическом аспекте имеет значение не столько наличие жаркого засушливого лета, сколько сезонная контрастность и продолжительный морозный период с малоснежной зимой и глубоким промерзанием.

Необходимо отметить, что среди черноземов южных и каштановых почв межгорных котловин Восточной Сибири встречается много сильнозасоленных вариантов (Черноусенко, 2022). Это обстоятельство могло бы указывать на дополнительный фактор появления такого типа карбонатных образований. Однако среди почв юга Восточной Сибири и Монголии встречаются каштановые почвы, развитые на легких и щебнистых отложениях, не относящиеся к засоленным, но при этом так же с мучнистыми формами карбонатов (Панкова, Черноусенко, 2018). Следовательно, фактор засоления не является обязательным для формирования черноземов и каштановых почв с дисперсными формами карбонатов.

Наличие ржавых прожилок по ходам корней, как и творожистая структура, часто ассоциируется с оглеением. Несмотря на то, что влияния грунтовых вод во всех изученных почвах (кроме солончака) не отмечено, в нижней части профиля некоторых почв имеются тонкие ржавые прожилки, частично замаскированные на карбонатном фоне. Обнаружение таких признаков в автоморфных почвах может объясняться относительно недавним осушением поверхности, которое привело к тому, что в природных комплексах всех высотных уровней Кулунды сохранились черты реликтового гидроморфизма (Булатов и др., 2005; Засоленные почвы ..., 2006).

Другой вероятной причиной специфической структуры нижних горизонтов почв может являться промерзание. Так, провинциальные морфогенетические особенности нижних горизонтов красноярских лесостепных черноземов связывают со своеобразием гидротермического режима (Семина, Вередченко, 1962). В результате длительного сезонного промерзания в нижней части почвенного профиля появляется слой повышенной влажности, вызывающий у почв нормального увлажнения черты гидроморфизма. При этом карбонатные новообразования представлены псевдомицелием и мучнистыми пятнами.

Дополнительную специфику структуре нижних горизонтов и строению карбонатного профиля приозерных почв Кучук-Кулундинской системы придает неоднородность гранулометрического состава, которая способна существенно влиять на динамику водного и теплового режима. Так, по мнению Н.А. Ногиной (1964), неоднородность гранулометрического состава, которая проявляется в содержании крупных фракций, являлась важным фактором неравномерного распределения карбонатов в профиле мучнистокарбонатных почв Забайкалья.

Плоский рельеф и местоположение в пределах бассейна конечного стока в системе озер (поступление солей превышает возможности их выноса) обуславливает засоление всех изученных нами почв. Рассмотренные черноземы и каштановые почвы характеризуются засолением средней и нижней частей профиля и лучшей промытостью от солей верхней. Более высокую степень засоления каштановых почв мы связываем с их положением на террасах озер, тогда как обследованные нами черноземы занимают приводораздельные пространства.

Отличительной особенностью климата является превышение испаряемости над количеством выпадающих осадков, что на фоне слабой дренированности равнин способствует накоплению солей в почвах, породах и водах.

Согласно Карте химизма засоления почв Алтайского края (Засоленные почвы ..., 2006) рассмотренные черноземы принадлежат к области преимущественно содового засоления с долей средне- и сильнозасоленных почв от 50 до 25%, а каштановые почвы – к области преимущественно сульфатного и хлоридно-сульфатного засоления с долей средне- и сильнозасоленных почв от 50 до 25%. Химизм засоления изученных почв с преобладанием сульфатов согласуется с сульфатным гидрохимическим типом озер Кучук и Кулундинское (см. табл. 1).

Наличие легкорастворимых, главным образом, сульфатных солей и высокое содержание карбонатов, по нашему мнению, служит одной из причин появления творожистой (коагуляционной) структуры и многочисленных округлых пор (газовых) в нижних горизонтах профиля (BCA, CAT, Cca), которые отмечены нами на уровне мезоморфологии.

На форму солевого профиля и дифференциацию солей влияют особенности климата территории. По мнению Н. И. Базилевич (1965), в степной и лесостепной зонах юга Западной Сибири климат благоприятствует процессам частичного рассоления и выщелачивания более легкоподвижных хлоридов и сульфатов и остаточного накопления соды. Само же появление соды в составе солей в

значительной степени определяется карбонатностью почв, в которых создаются условия внеконкурентного поглощения натрия (Боровский, 1978).

Рассмотренные нами черноземы имеют содово-сульфатный натриевый химизм засоления, что при периодическом промывании верхней части профиля атмосферными осадками вызывает процесс современного осолонцевания. Морфологическими признаками процесса являются кутаны и призматическая структура нижней части гумусового горизонта, аналитическими – высокая доля обменного натрия в ППК и повышение доли илистой фракции в этой же части профиля.

Высокое содержание натрия в ППК в солонцеватых разностях можно отнести к региональным особенностям почв. Так, например, рассмотренные нами ранее солонцы Кучук-Кулундинских ландшафтов относились к многонатриевым, с содержанием натрия свыше 40% (Симонова и др., 2024а).

В разрезах почв КС-20-6 и особенно КС-21-16 содержание натрия в ППК оказалось более характерным для солонцов, чем для черноземов и каштановых почв, однако морфологические признаки этих почв соответствуют только солонцеватым подтипам указанных типов. Тем не менее, вопрос, какие из признаков являются более значимыми для классификации почвы, остается открытым. В случае признания превосходства аналитических признаков почв над морфологическими классификационное положение упомянутых разностей стоит заменить на «солонцы темные» и «солонцы светлые».

Помимо общезональных и провинциальных, отмечено влияние локальных условий почвообразования, таких как наличие лесных полей защитных полос. Так, если под заброшенными полями рядом с лесополосой почвы представлены черноземами дисперсно-карбонатными солонцеватыми (чернозем южный), то под лесополосой – черноземом глинисто-иллювиальным (чернозем выщелоченный). Черноземы выщелоченные относятся к более северным вариантам черноземов и не характерны для Предалтайской степной провинции. В изученном нами разрезе под лесополосой (разрез КС-20-4) на поверхности развита лесная подстилка, гумусовый горизонт имеет комковато-ореховатую структуру, в выщелоченной части присутствуют тонкие глинистые кутаны, железистые прожилки. В ППК преобладает обменный кальций и не содержится натрия. Засоление в почве отсутствует, а мощность выщелоченной от карбонатов толщи достигает 80 см.

Понижение глубины залегания карбонатов, увеличение мощности гумусового горизонта, наличие гляцевых пленок иллювиирования отмечается под лесополосами в черноземах лесостепи Европейской территории России (Чендев и др., 2024).

Лесным полосам в Кулундинской степи отводится важная роль в качестве мероприятий по предотвращению процессов опустынивания (Ишутин и др., 2005). Зимой в них накапливается снег, а весной талые воды способствуют лучшему промачиванию, понижению линии вскипания и увеличению мощности выщелоченной части (Кравцов, Смоленцева, 2022). Наши наблюдения относительно значения лесополос в Кулундинской степи согласуются с литературными данными.

ВЫВОДЫ

1. В пределах Кучук-Кулундинских ландшафтов различие почв на высоком таксономическом уровне обусловлено зональными и провинциальными особенностями, а также особыми геоморфологическими и литолого-геохимическими условиями. Черноземы принадлежат Предалтайской степной провинции, каштановые почвы – Предалтайской сухостепной провинции, солончаки формируются в дельтах рек, понижениях с близко залегающими грунтовыми водами.

2. Провинциальными особенностями почв является маломощный гумусовый профиль и дисперсные формы карбонатных новообразований. Особенности почвообразования приозерных ландшафтов Кулундинской впадины является засоление и солонцеватость с высокой долей обменного натрия и магния.

3. Химизм засоления черноземов и каштановых почв характерен для западносибирской области соленакопления с высоким участием соды. Почвы имеют сильную и очень сильную степень засоления; каштановые почвы характеризуются более высоким содержанием солей по сравнению с черноземами.

4. Под лесозащитными полосами формируются черноземы глинисто-иллювиальные, значительно выщелоченные от солей и карбонатов.

ЛИТЕРАТУРА

Базилевич Н.И. Геохимия почв содового засоления. Москва: Наука, 1965. 350 с.

Боровский В.М. Геохимия засоленных почв Казахстана. Москва: Наука, 1978. 192 с.

Булатов В.И., Ротанова И.Н., Черных Д.В. Ландшафтно-экологический и картографический анализ озерно-бассейновых систем юга Западной Сибири (озера Чаны и Кулундинское) // Сибирский экологический журнал. 2005. Том 12. № 2. С. 175–182.

Валяшко М.Г. Геохимические закономерности формирования месторождений калийных солей. Москва: Изд-во МГУ, 1962. 397 с.

Воробьева Л.А. Химический анализ почв: Учебник. Москва: Изд-во МГУ, 1998. 272 с.

Герасимов И.П., Иванова Е.Н. Процессы континентального соленакопления в почвах, породах, подземных водах и озерах Кулундинской степи // Труды Почвенного института им. В.В. Докучаева. 1934. № 9. С. 103–136.

Герасимов И.П., Розов Н.Н., Ромашкевич А.И. Почвы // Природные условия и естественные ресурсы СССР. Западная Сибирь. Москва: Изд-во АН СССР, 1963. С. 158–194.

Горшенин К.П. Почвы южной части Сибири (от Урала до Байкала). Москва: Изд-во АН СССР, 1955. 592 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Алтай-Саянская. Лист N-44 – Новосибирск / гл. науч. ред. В.С. Волкова. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. [Электронный ресурс]. URL: https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/pub_ggk1000-3/preview/n-44.php (дата обращения 01.09.2024).

Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв: учебник. 3-е изд. Москва: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. 460 с.

Елизаров Н.В., Попов В.В., Рыбкина И.Д., Смоленцев Б.А. Засоление и осолонцевание почв речных долин Кулундинской равнины // Почвоведение. 2023. № 10. С. 1216–1229. <https://doi.org/10.31857/S0032180X23600191>

Жуланова В.Н. Современная морфогенетическая характеристика обыкновенных черноземов Тувы // Вестник Тувинского государственного университета. Естественные и сельскохозяйственные науки. 2010. № 2. С. 60–68.

Засоленные почвы России / Панкова Е.И., Воробьева Л.А. и др.; отв. ред. Л.Л. Шишов, Е.И. Панкова. Москва: ИКЦ «Академкнига», 2006. 854 с.

Ишутин Я.Н., Парамонов Е.Г., Стоящева Н.В. Лесные экосистемы в экологическом каркасе Кулундинской степи // Ползуновский вестник. 2005. № 4. С. 83–88.

Каблова Н.Ю., Татаринцев Л.М., Татаринцев В.Л. Особенности соленакопления в почвах Кулундинской степи // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2003. № 8. С. 60–62.

Казанцев В.А. О происхождении солей в почвах и водах Барабинской и Кулундинской равнин // Почвоведение. 1990. № 12. С. 16–25.

Классификация и диагностика почв СССР / Составители: В.В. Егоров, В.М. Фридланд, Е.Н. Иванова, Н.Н. Розов, В.А. Носин, Т.А. Фриев. Москва: Колос, 1977. 224 с.

Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

Ковда В.А. Происхождение и режим засоленных почв. Москва–Ленинград: Изд-во АН СССР, 1946. Том 1. 573 с.

Ковда И.В., Хохлова О.С. Карбонатный профиль почв // Эволюция почв и почвенного покрова. Теория, разнообразие природной эволюции и антропогенных трансформаций почв. Москва: ГЕОС, 2015. С. 140–158.

Колпакова М.Н., Борзенко С.В., Исупов В.П., Шацкая С.С., Шварцев С.Л. Гидрохимия и геохимическая типизация соленых озер степной части Алтайского края // Вода: химия и экология. 2015. № 1(79). С. 11–16.

Королук А.Ю., Смоленцев Б.А., Лашинский Н.Н. Почвенно-растительный покров приозерной равнины Кулундинского озера // Растительный мир Азиатской России: Вестник Центрального сибирского ботанического сада СО РАН. 2008. № 2. С. 80–88.

Кравцов Ю.В., Смоленцева Е.Н. Особенности современного генезиса плакорных почв Ишимской степи // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2022. № 111. С. 116–156. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2022-111-116-156>

Курачев В.М., Рябова Т.Н. Засоленные почвы Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1981. 152 с.

Ногина Н.А. Почвы Забайкалья. Москва: Изд-во АН СССР, 1964. 314 с.

Панкова Е.И., Черноусенко Г.И. Сопоставление каштановых почв центральной Азии с их аналогами в других почвенно-географических провинциях сухостепной зоны суббореального пояса Евразии // Аридные экосистемы. 2018. Том 24. № 2(75). С. 13–21.

Полевой определитель почв. Москва: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.

- Почвы Кулундинской степи / Ковалев Р.В., Панин П.С. и др.; отв. ред. Р.В. Ковалев. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1967. 291 с.
- Растворова О.Г. Физика почв (Практическое руководство). Ленинград: Изд-во Ленингр. ун-та, 1983. 196 с.
- Растворова О.Г., Андреев Д.П., Гагарина Э.И., Касаткина Г.А., Федорова Н.Н. Химический анализ почв: Учебное пособие. Санкт-Петербург: Изд-во С.-Петербургского ун-та. 1995. 264 с.
- Семина Е.В., Вередченко Ю.П. Черноземы Красноярской лесостепи и их провинциальные особенности // О почвах Урала, Западной и Центральной Сибири; Е.Н. Иванова (отв. ред.). Москва: Изд-во АН СССР, 1962. С. 170–189.
- Симонова Ю.В., Жунусова О.Р., Чарыкова М.В., Касаткина Г.А. Почвенно-геохимическая оценка засоления территории, прилегающей к Кучукскому месторождению солей (Алтайский край) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2024а. Том 69. № 1. С. 185–212. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2024.110>
- Симонова Ю.В., Касаткина Г.А., Чарыкова М.В. Почвы Кучукско-Кулундинских приозерных ландшафтов (Алтайский край, Западная Сибирь): особенности морфологии, засоления, классификации // Почва как компонент биосферы: актуальные проблемы в условиях изменений климата. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 120-летию со дня рождения чл.-корр. АН СССР В.А. Ковды / ИФХиБПП РАН. Пушино: 2024б. С. 109–111.
- Смоленцев Б.А., Соколов Д.А., Коронатова Н.Г., Беланов И.П., Гаврилов Д.А., Кармышева Н.В., Степанова В.А., Милыева Е.В. Использование классификаций почв СССР 1977 года и России 2004 года в полевых исследованиях степных и лесостепных ландшафтов Западной Сибири // Почвоведение и агрохимия. 2010. № 2. С. 5–11.
- Смоленцева Е.Н. Черноземы Западной Сибири: региональные и зонально-провинциальные особенности // Отражение био-, гео-, антропогенных взаимодействий в почвах и почвенном покрове. Сборник материалов VII Международной научной конференции, посвященной 90-летию кафедры почвоведения и экологии почв ТГУ (Томск, 14–19 сентября 2020 г.) / С.П. Кулижский (отв. ред.). Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2020. С. 90–94.
- Убугунов Л.Л., Белозерцева И.А., Убугунова В.И., Сороковой А.А. Районирование почв бассейна озера Байкал: экологический подход // Природа Внутренней Азии. 2019. № 2(11). С. 40–59. <https://doi.org/10.18101/2542-0623-2019-2-40-59>
- Урусевская И.С., Алябина И.О., Шоба С.А. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1:8 000 000. Пояснительный текст и легенда к карте: Учебное пособие. Москва: МАКС Пресс, 2020. 100 с.
- Харламова Н.Ф. Климат Алтайского региона: учебник. Барнаул: Изд-во Алтайского ун-та, 2013. 108 с.
- Харламова Н.Ф., Казарцева О.С. Распределение снеготопливных запасов на территории Алтайского края // Бюллетень науки и практики. 2017. № 4(17). С. 162–169.
- Хитров Н.Б. Выбор диагностических критериев существования и степени выраженности солонцового процесса в почвах // Почвоведение. 2004. № 1. С. 18–31.
- Хитров Н.Б., Герасимова М.И. Диагностические горизонты в классификации почв России: версия 2021 г // Почвоведение. 2021. № 8. С. 899–910. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21080098>
- Хитров Н.Б., Герасимова М.И. Предлагаемые изменения в классификации почв России: диагностические признаки и почвообразующие породы // Почвоведение. 2022. № 1. С. 3–14. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22010087>
- Цифровая версия карты почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1 : 8 000 000 / под ред. И.С. Урусевской, 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://soil-db.ru/map?name=eco> (дата обращения 22.04.2025).
- Чендев Ю.Г., Геннадиев, А.Н., Смирнова М.А., Лебедева М.Г. Лесные полосы как фактор почвообразования в агроландшафтах юга Среднерусской возвышенности // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2024. № 4. С. 94–108. <https://doi.org/10.55959/MSU0579-9414.5.79.4.8>
- Черноусенко Г.И. Засоленные почвы котловин юга Восточной Сибири: Монография. Москва: МАКС Пресс, 2022. 480 с.
- Шпедт А.А., Аксенова Ю.В., Жуланова В.Н., Рассыпнов В.А., Ерунова М.Г., Бутырин М.В. Оценка агрочерноземов Сибири на основе современных подходов // Земледелие. 2019. № 4. С. 8–13. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10402>

IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria. 2022. 234 p.

Meyer B.C., Schreiner V., Smolentseva E.N., Smolentsev B.A. Indicators of desertification in the Kulunda Steppe in the south of Western Siberia // Archives of Agronomy and Soil Science. 2008. Vol. 54. No. 6. P. 585–603. <https://doi.org/10.1080/03650340802342268>

Поступила в редакцию 12.05.2025

Принята 30.06.2025

Опубликована 04.07.2025

Сведения об авторах:

Симонова Юлия Владимировна – кандидат биологических наук, ассистент кафедры почвоведения и экологии почв Института наук о Земле ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет» (г. Санкт-Петербург, Россия); uvsim@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5835-5099>

Касаткина Галина Алексеевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Центрального музея почвоведения имени В.В. Докучаева – филиал ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева» (г. Санкт-Петербург, Россия); kasatkina-galina@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0003-5224-1957>

Чарыкова Марина Валентиновна – доктор геолого-минералогических наук, профессор с возложенными обязанностями заведующего кафедрой геохимии Института наук о Земле ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет» (г. Санкт-Петербург, Россия); m-char@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8311-0325>

Жунусова Оксана Радиковна – лаборант-исследователь Института наук о Земле ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; аспирант, младший научный сотрудник ФГБУ «Государственный Гидрологический институт» (г. Санкт-Петербург, Россия); zhun.oksana@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0004-0518-4029>

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Soils of the Kuchuk-Kulunda lakeside landscapes (Altai Krai): morphology, salinization, taxonomic attribution

© 2025 Yu. V. Simonova ¹, G. A. Kasatkina ², M. V. Charykova ¹, O. R. Zhunusova ¹

¹Saint Petersburg State University, Universitetskaya nab., 7–9, Saint Petersburg, Russia. E-mail: uvsim@yandex.ru

²Dokuchaev Central Soil Science Museum, Branch of the Dokuchaev Soil Science Institute, Birzhevoy proezd, 6, Saint Petersburg, Russia. E-mail: kasatkina-galina@mail.ru

The aim of the study was to identify the features of soil formation in the Kuchuk-Kulunda landscapes, highlighting common provincial features and those associated with the influence of local lithological-geomorphological and geochemical conditions.

Location and time of the study. Steppe and dry steppe soil zones of West Siberia, Kulunda steppe, Altai Region, Russia. Field research was conducted in 2020–2021.

Methods. Morphological features (macro- and mesolevel) important for diagnostics of carbonate forms, solonetz process, salinization and lithological features of soils were studied. Salinity attributes, exchangeable bases, carbonate content, organic matter and particle-size analysis were determined.

Results. When examining the soils of the Kuchuk-Kulundinsky lakeside landscapes, it was revealed that chernozems (Protocalcic Chernozems) belong to the Cis-Altai steppe province, chestnut soils (Kastanozems) belong to the Cis-Altai dry steppe province, and Solonchaks are formed in river deltas and depressions with closely located groundwater. The soils are formed on strata lacustrine-alluvial deposits with a high proportion of dust fraction in the particle-size distribution and heterogeneity in the content of sand fraction. Characteristic features of chernozems are the small thickness of humus horizons and the prevalence of dispersed forms of carbonates. This is confirmed by a number of published data about the morphological structure of West Siberian chernozems. In chestnut soils on the terraces of the basins of the lakes Kuchuk and Kulundinskoye, the well-formed carbonate

neoformations like nodules are also absent; carbonate neoformations in the form of impregnation and diffuse spots are common. Chernozems and chestnut soils of the Kuchuk-Kulundinsky landscapes belong to solonetzic and saline subtypes with a strong and very strong degree of salinization. The accumulative salt horizon is located in the middle part of the soil profiles. The ion-salt composition is dominated by sulfates and sodium. In the chemistry of chernozems salinization, the participation of soda is expressed more strongly than in the chestnut soils. In solonetzic soils, the exchangeable sodium and magnesium percentage is very high. Soils under shelterbelts have a higher content of organic matter, are more deeply leached of carbonates and contain virtually no water-soluble salts.

Conclusions. *Provincial soil features include a thin humus profile and dispersed forms of carbonate neoformations. The influence of geomorphological and lithological-geochemical conditions of lakeside landscapes consists in the distribution of saline and solonetzic varieties. High carbonate content, salinity, lithic discontinuity and specific hydrothermal regime of deeply frozen soils determine the structure of the middle and lower horizons of the profile. Under the forest shelterbelts, Luvic Greyzemic Chernozems are formed, non-saline and significantly leached of carbonates.*

Keywords: *Kulunda steppe; southern chernozems; Protocalcic Chernozems; Kastanozems; Luvic Greyzemic Chernozems; impregnating carbonates; shelterbelts.*

How to cite: *Simonova Yu.V., Kasatkina G.A., Charykova M.V., Zhunusova O.R. Soils of the Kuchuk-Kulunda lakeside landscapes (Altai Krai): morphology, salinization, taxonomic attribution. The Journal of Soils and Environment. 2025. 8(3). e313. DOI: 10.31251/pos.v8i3.313 (in Russian with English abstract).*

REFERENCES

- Bazilevich N.I. Geochemistry of soils with sodic salinization. Moscow: Nauka Publ., 1965. 350 p. (in Russian).
- Borovskij V.M. Geochemistry of salt-affected soils of Kazakhstan. Moscow: Nauka Publ., 1978. 192 p. (in Russian).
- Bulatov V.I., Rotanova I.N., Chernyh D.V. Landscape-ecological and cartographic analysis of lake basin systems of the south of West Siberia (Lakes Chany and Kulunda). *Sibirskij Ekologicheskij Zhurnal*. 2005. Vol. 12. No. 2. P. 175–182. (in Russian).
- Valyashko M.G. Geochemical regularities of formation potash deposits. Moscow: Moscow University Press., 1962. 397 p. (in Russian).
- Vorobyova L.A. Chemical analysis of soils: Textbook. Moscow: Moscow University Press., 1998. 272 p. (in Russian).
- Gerasimov I.P., Ivanova E.N. Processes of continental salt accumulation in soils, rocks, underground waters and lakes of the Kulunda steppe. *Proceedings of the V.V. Dokuchaev Soil Institute*. 1934. No. 9. P. 103–136. (in Russian).
- Gerasimov I.P., Rozov N.N., Romashkevich A.I. Soils. In book: *Natural conditions and natural resources of the USSR. Western Siberia*. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1963. P. 158–194 (in Russian).
- Gorshenin K.P. Soils of the southern part of Siberia (from the Urals to Baikal). Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1955. 592 p. (in Russian).
- State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000 (third generation). Altai-Sayan Series. Sheet N-44 – Novosibirsk / V.S. Volkova (ed.). St. Petersburg: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI Publ., 2015. [Electronic resource]. URL: https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/pub_ggk1000-3/preview/n-44.php (accessed on 01.09.2024). (in Russian).
- Dobrovolskij G.V., Urusevskaya I.S. Geography of soils: Textbook. 3d ed. Moscow: Moscow University Press., Nauka Publ., 2006. 460 p. (in Russian).
- Elizarov N.V., Popov V.V., Rybkina I.D., Smolentsev B.A. Salinization and solonetzization of soils in river valleys of the Kulunda Plain. *Eurasian Soil Science*. 2023. Vol. 56. No. 10. P. 1381–1393. <https://doi.org/10.1134/S1064229323601439>
- Zhulanova V.N. Modern morphogenetic characteristics of ordinary chernozems of Tuva. *Vestnik of Tuvan State University. Natural and Agricultural sciences*. 2010. No. 2. P. 60–68. (in Russian).
- Salt-affected soils of Russia / Pankova E.I., Vorob'eva L.A. et al.; L.L. Shishov, E.I. Pankova (ed.). Moscow: Akademkniga Publ., 2006. 854 p. (in Russian).
- Ishutin Ya.N., Paramonov E.G., Stoyashcheva N.V. Forest ecosystems in the ecological framework of the Kulunda steppe. *Polzunovskiy vestnik*. 2005. No. 4. P. 83–88. (in Russian).
- Kablova N.Yu., Tatarincev L.M., Tatarincev V.L. Features of salt accumulation in the soils of the Kulunda steppe. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2003. No. 8. P. 60–62. (in Russian).
- Kazantsev V.A. On the origin of salts in Baraba and Kulunda soils and waters. *Pochvovedenie*. 1990. No. 12. P. 16–25. (in Russian).

- Classification and diagnostics of soils of the USSR / Compiled by: V.V. Egorov, V.M. Friedland, E.N. Ivanova, N.N. Rozov, V.A. Nosin, T.A. Friev. Moscow: Kolos Publ., 1977. 224 p. (in Russian).
- Classification and diagnostics of soils of Russia / Authors and compilers: L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.I. Lebedeva, M.I. Gerasimova. Smolensk: Oykumena Publ., 2004. 342 p. (in Russian).
- Kovda V.A. Origin and regime of saline soils. Moscow–Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1946. Vol. 1. 573 p. (in Russian).
- Kovda I.V., Khokhlova O.S. Carbonate profile of soils. In book: Theory, Diversity of Natural Evolution and Anthropogenic Transformations of Soils. Moscow: GEOS, 2015. P. 140–158. (in Russian).
- Kolpakova M.N., Borzenko S.V., Isupov V.P., Shatskaya S.S., Shvartsev S.L. Hydrochemistry and geochemical typification of salt lakes steppes of the Altai Territory. Water: Chemistry and Ecology. 2015. No. 1(79). P. 11–16. (in Russian).
- Korolyuk A.Yu., Smolencev B.A., Lashchinskij N.N. Soil and vegetation cover of the circumlake plain of Lake Kulunda. Rastitel'nyj mir Aziatskoj Rossii. 2008. No. 2. P. 80–88. (in Russian).
- Kravtsov Yu.V., Smolentseva E.N. Features of modern genesis of the Ishim steppe watershed plain soils. Dokuchaev Soil Bulletin. 2022. No. 111. P. 116–156. (in Russian). <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2022-111-116-156>
- Kurachev V.M., Ryabova T.N. Salt-affected soils of Western Siberia. Novosibirsk: Nauka Publ., 1981. 152 p. (in Russian).
- Nogina N.A. Soils of Transbaikalia. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1964. 314 p. (in Russian).
- Pankova E.I., Chernousenko G.I. Comparison of chestnut soils of Central Asia with their analogs in other soil-geographical provinces of the dry-steppe zone of the Eurasian subboreal belt. Arid Ecosystems. 2018. Vol. 8. No. 2. P. 89–96. <https://doi.org/10.1134/S2079096118020051>
- Field guide for Russian soils. Moscow: Dokuchaev Soil Science Institute, 2008. 182 p. (in Russian).
- Soils of the Kulunda steppe / Kovalev R.V., Panin P.S. et al.; R.V. Kovalev (ed.). Novosibirsk: Nauka Publ., 1967. 291 p. (in Russian).
- Rastvorova O.G. Soil Physics (Practical Guide). Leningrad: Leningrad University Press, 1983. 196 p. (in Russian).
- Rastvorova O.G., Andreev D.P., Gagarina E.I., Kasatkina G.A., Fedorova N.N. Chemical analysis of soils: Textbook. St. Petersburg: St. Petersburg University Press, 1995. 264 p. (in Russian).
- Semina E.V., Veredchenko Yu.P. Chernozems of the Krasnoyarsk forest-steppe and their provincial features. In book: About the soils of the Urals, Western and Central Siberia; E.N. Ivanova (ed.). Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1962. P. 170–189. (in Russian).
- Simonova Yu.V., Zhunusova O.R., Charykova M.V., Kasatkina G.A. Soil-geochemical assessment of salinization of the territory adjacent to the Kuchuk salt deposit (Altai Krai). Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences. 2024a. Vol. 69. No. 1. P. 185–212. (in Russian). <https://doi.org/10.21638/spbu07.2024.110>
- Simonova Yu.V., Kasatkina G.A., Charykova M.V. Soils of the Kuchuk-Kulundinsky lakeside landscapes (Altai Krai, Western Siberia): specific features of morphology, salinization, taxonomic designation. Soil as a component of the biosphere: current problems in the context of climate change. Proceedings of the All-Russian scientific conference with international participation dedicated to the 120th anniversary of the birth of V.A. Kovda. Puschino, 2024b. P. 109–111. (in Russian).
- Smolencev B.A., Sokolov D.A., Koronatova N.G., Belanov I.P., Gavrilov D.A., Karmysheva N.V., Stepanova V.A., Milyaeva E.V. Using the 1977 USSR and 2004 Russian soil classifications in field studies of steppe and forest-steppe landscapes of Western Siberia. Soil Science and Agrochemistry (Publisher: JSC "Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry named after U.U. Uspanov"). 2010. No. 2. P. 5–11. (in Russian).
- Smolenceva E.N. Chernozems of Western Siberia: regional and zonal-provincial features. Reflection bio-, geo-, antropospheral interactions in soil and soil cover: collection of materials VII International Scientific Conference dedicated to the 90th anniversary of the department of Soil Science and Soil Ecology TSU (Tomsk, September 14–19, 2020) / S.P. Kulizhskiy (ed.). Tomsk: Publishing House of Tomsk State University, 2020. P. 90–94. (in Russian).
- Ubugunov L.L., Belozertseva I.A., Ubugunova V.I., Sorokovoy A.A. Soil zoning of the Lake Baikal basin: an environmental approach. Nature of Inner Asia. 2019. No. 2(11). P. 40–59. (in Russian). <https://doi.org/10.18101/2542-0623-2019-2-40-59>
- Urusevskaja I.S., Aljabina I.O., Shoba S.A. Map of soil-ecological zoning of the Russian Federation. Scale 1 : 8 000 000. Explanatory text and legend for the map: Tutorial. Moscow: MAKSS Press, 2020. 100 p. (in Russian).

- Harlamova N.F. Climate of the Altai region: textbook. Barnaul: Altai University Publ., 2013. 108 p. (in Russian).
- Harlamova N.F., Kazarceva O.S. Distribution of snow reserves in the Altai Territory. Bulletin of Science and Practice. 2017. No. 4(17). P. 162–169. (in Russian).
- Khitrov N.B. Selection of diagnostic criteria for the existence and degree of expression of the solonetz process in soils. Pochvovedenie. 2004. No. 1. P. 18–31. (in Russian).
- Khitrov N.B., Gerasimova M.I. Diagnostic horizons in the classification system of Russian soils: version 2021. Eurasian Soil Science. 2021. Vol. 54. No. 8. P. 1131–1140. <https://doi.org/10.1134/S1064229321080093>
- Khitrov N.B., Gerasimova M.I. Diagnostic properties and soil forming materials in the classification system of Russian soils: version of 2021. Eurasian Soil Science. 2022. Vol. 55. No. 1. P. 1–10. <https://doi.org/10.1134/S1064229322010082>
- Digital version of the soil-ecological zoning map of the Russian Federation. Scale 1 : 8 000 000 / I.S. Urusevskaja (ed.), 2019. [Electronic resource]. URL: <https://soil-db.ru/map?name=eco> (accessed on 22.04.2025). (in Russian).
- Chendev Yu.G., Gennadiev A.N., Smirnova M.A., Lebedeva M.G. Shelterbelts as a factor of soil formation in agrolandscapes of the southern part of the central Russian upland. Lomonosov Geography Journal. 2024. No. 4. P. 94–108. (in Russian). <https://doi.org/10.55959/MSU0579-9414.5.79.4.8>
- Chernousenko G.I. Salt-affected soils of the depressions of the south of Eastern Siberia: Monograph. Moscow: MAKSPress, 2022. 480 p. (in Russian).
- Shpedt A.A., Aksenova Y.V., Zhulanova V.N., Rassypnov V.A., Erunova M. G., Butyrin M. V. Assessment of Agrochernozems of Siberia based on modern approaches. Zemledelie. 2019. No. 4. P. 8–13. (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10402>
- IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria. 2022. 234 p.
- Meyer B.C., Schreiner V., Smolentseva E.N., Smolentsev B.A. Indicators of desertification in the Kulunda Steppe in the south of Western Siberia. Archives of Agronomy and Soil Science. 2008. Vol. 54. No. 6. P. 585–603. <https://doi.org/10.1080/03650340802342268>

Received 12 May 2025

Accepted 30 June 2025

Published 04 July 2025

About the author(s):

Yulia V. Simonova – Candidate of Biological Sciences, Assistant at the Department of Soil Science and Ecology of Soils in the Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University (St. Petersburg, Russia); uvsim@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5835-5099>

Galina A. Kasatkina – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher in the Dokuchaev Central Soil Science Museum, Branch of the Dokuchaev Soil Science Institute (St. Petersburg, Russia); kasatkina-galina@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0003-5224-1957>

Marina V. Charykova – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Head of the Department of Geochemistry in the Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University (St. Petersburg, Russia); m-char@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8311-0325>

Oksana R. Zhunusova – Laboratory Research Assistant in the Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University; PhD student, Junior Resercher in the State Hydrological Institute (St. Petersburg, Russia); zhun.oksana@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0004-0518-4029>

The authors read and approved the final manuscript



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)