

УДК 631.4+631.482.1

СВОЙСТВА ВТОРИЧНО ЗАСОЛЕННЫХ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ В ТАЕЖНО-ЛЕСНОЙ ЗОНЕ ПРИКАМЬЯ

И. В. Пахоруков, О. З. Еремченко

*Пермский государственный национальный исследовательский университет
614990, Пермь, ул. Букирева, 15*

E-mail: Ivan-psu@yandex.ru, eremch@psu.ru

Поступила в редакцию 01.12.2020 г.

В Пермском крае производство калийных солей сопровождается складированием на поверхности солевых отходов. От солеотвалов и шламохранилищ сформировался подземный сток минерализованных вод, из-за которого в долинах малых рек бассейна р. Кама развивается солончаковый почвообразовательный процесс. Обследованы вторично засоленные аллювиальные почвы в долине р. Черная на территории Березниковского калийного производственного рудоуправления. В морфоструктурном профиле почв присутствуют признаки частой смены окислительно-восстановительных условий. Характерные для гидроморфных почв переходы $Fe(III) \leftrightarrow Fe(II)$ сопровождались образованием черной окраски глеевых горизонтов, причиной которой, по-видимому, является синтез темноокрашенных минералов, в том числе, магнетита и гидротроилита. Аллювиальные солончаковые почвы характеризуются сильным засолением, хлоридным и сульфатно-хлоридным, натриевым и кальциево-натриевым химизмом. Для них свойственно нейтрализация кислотности, появление карбонатов, гипсообразование, вхождение ионов натрия и калия в почвенный поглощающий комплекс. Оценка масштабов развития вторичного галогенеза показала отчетливые признаки формирования солончаковых почв на площади 17,3 га, что составляет около 16 % площади речной долины. Остальная часть аллювиальных почв может также содержать легкорастворимые соли в том или ином количестве из-за минерализации почвенно-грунтовых вод. Исследуемые вторично засоленные почвы диагностировали до рода и вида по современной классификации почв России (2004), а также в соответствии с мировой корреляционной базой почвенных ресурсов (WRB). В целом уровни засоления, реакция почвенной среды и состав обменных оснований в аллювиальных почвах р. Черная соответствуют характеристикам ранее исследованных вторично засоленных почв в долинах других малых рек Прикамья. Это соответствие позволяет утверждать, что техногенная трансформация почв под воздействием минерализованных вод от отвално-шламового хозяйства при производстве калийных солей развивается по одинаковым закономерностям.

Ключевые слова: *калийное производство, солеотвалы, минерализованные воды, речная долина, вторичное засоление, трансформация и систематика почв.*

DOI: 10.15372/SJFS20210307

ВВЕДЕНИЕ

Засоленные почвы распространены на всех континентах, встречаются в 100 странах и практически во всех природных зонах, преобладают в зоне степей, полупустынь и пустынь. Их общая площадь в мире составляет более 950 млн га, в том числе в Северной Америке – 17 720 тыс. га, в Южной Америке – 129 165, в Африке – 80 538, в Южной и Западной Азии – 84 971, в Северной и Центральной Азии – 211 448, в Юго-Восточной Азии – 21 521, в Австралии и Океании –

357 568, в Европе – 50 804 тыс. га (Засоленные почвы..., 2006). Вторичное засоление почв развито на 77 млн га, 58 % из которых приходится на орошаемые районы (Metternicht, Zinck, 2003). Дополнительную угрозу вторичного галогенеза создают добыча нефти, образование техногенных рудоносных хвостохранилищ и шламохранилищ (Габбасова, Сулейманов, 2007; Ронжина, 2009; Артамонова и др., 2010; Щербак, Фоминых, 2012; Якимов и др., 2014; Лискова, 2017; Szabolcs, 1996; Gabbasova, Suleimanov, 2007; Artamonova et al., 2010; Hulisz et al., 2010).

© Пахоруков И. В., Еремченко О. З., 2021

Некоторые виды антропогенной деятельности способны вовлекать вещество из глубинных слоев в поверхностные природные процессы. Так, извлечение на дневную поверхность высокоминерализованных грунтовых вод и соледержащих горных пород приводит к засолению почвенного покрова и трансформации растительных сообществ в гумидных регионах, для которых данные явления нетипичны. Засоление почв и сопутствующая ему трансформация растительного покрова снижают хозяйственное значение лугов, растительные ресурсы которых используются местным населением для сенокоса, выпаса скота и сбора лекарственных растений (Казанцева и др., 2014; Якимов и др., 2014).

В таежно-лесной зоне Пермского края ведется производство калийных удобрений, которое сопровождается складированием на поверхности солевых отходов, вследствие этого в почвенном покрове образуются очаги техногенного засоления (Еремченко и др., 2013, 2017). В окрестностях г. Березники накопление отходов предприятием ПАО «Уралкалий» началось в 60–70-е гг. XX в. В настоящее время в пределах развитой речной сети расположены 4 солеотвала и 4 шламохранилища, которые создают потенциальную опасность для речной сети и водоохраных зон Камского бассейна. Фильтрационные утечки рассолов даже по официальным данным достигают сотни тысяч кубометров в год. Объем их разгрузки в поверхностную гидросеть весьма значителен. От шламохранилища Березниковского калийного производственного рудоуправления (БКПРУ-3) формируется сток подземных минерализованных вод, который способствовал развитию солончакового почвообразования в долине р. Ленва (Еремченко и др., 2020; Eremchenko et al., 2020). Долины других малых рек (Волим, Быгель, Черная) также испытывают воздействие отвально-шламового хозяйства ПАО «Уралкалий».

Цель настоящего исследования – изучить свойства и ареалы солончаковых аллювиальных почв в долине р. Черная, находящейся под воздействием минерализованных вод от солеотвала БКПРУ-3.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Солеотвал БКПРУ-3 расположен к югу от г. Березники и относится к Балахонцевскому участку, который начал разрабатываться в

1973 г. На космоснимках долины р. Черная, расположенной в зоне стока подземных, а местами и поверхностных минерализованных вод от солеотвала, выявлены участки с изменением растительного покрова. В летний период 2019/20 г. были проведены маршрутные исследования почв речной долины. Установлено, что выделяющиеся на космоснимках участки характеризуются отсутствием растительности либо имеют низкое проективное покрытие с доминированием 1–5 видов солеустойчивой и солелюбивой растительности – бескильницы расставленной (*Puccinellia distans* (Jacq.) Parl.), лебеды простертой (*Atriplex prostrata* Boucher ex DC.), торичника солончакового (*Spergularia salina* J. Presl & C. Presl) и др. На трех таких участках заложены почвенные разрезы до глубины водонасыщенных грунтов. Диагностика почв проведена в соответствии с современной классификацией почв (Шишов и др., 2004) и мировой корреляционной базой почвенных ресурсов (World reference..., 2015). В отобранных образцах почв потенциометрическим методом определяли рН водной и солевой вытяжек; гидролитическую кислотность – по методу Каппена (ГОСТ 26212-91), содержание карбонатов и гипса – по Молодцову (ГОСТ 34467-2018); состав обменных оснований – по Пфедферу в модификации Молодцова и Игнатовой (Методика..., 2017). Ионно-солевой состав изучали в водной вытяжке (в соотношении 1 : 5): HCO_3^- – титрованием раствором серной кислоты, SO_4^{2-} – весовым методом, Cl^- – аргентометрическим методом по Мору, Ca^{2+} и Mg^{2+} – комплексометрическим методом, Na^+ и K^+ – пламенно-фотометрическим методом (Унифицированные методы..., 1973).

Общую площадь солончаковых аллювиальных почв под изреженным растительным покровом в долине р. Черная рассчитали при помощи программы ArcMap 10.5.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В России пойменные земли занимают около 42 млн га. Отличительными особенностями аллювиальных почв таежно-лесной зоны являются: серо-бурый цвет, кислая и слабокислая реакция среды, ненасыщенность основаниями, фульватный состав, большая профильная и пространственная динамичность свойств, а также неоднородный минералогический состав, формирующийся водосборной питающей провинцией (Добровольский и др., 2011; Dobrovolski et al., 2011).

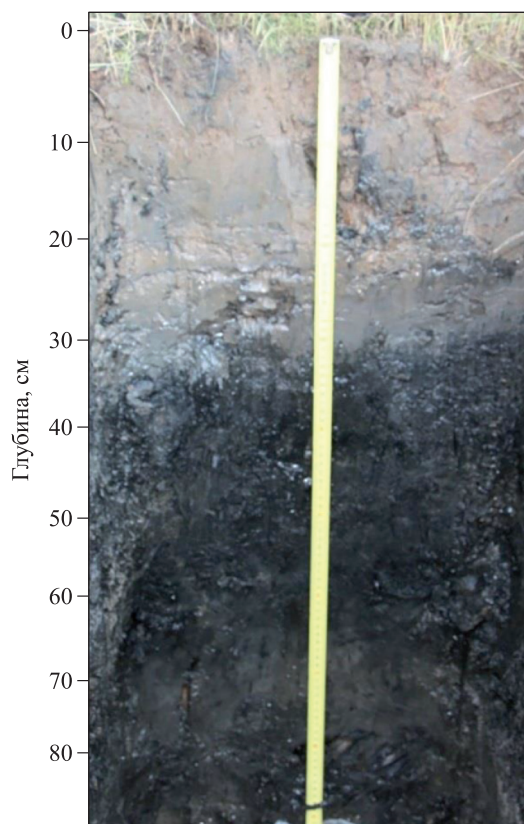


Рис. 1. Аллювиальная серогумусовая глеевая солончаковая почва (разрез 1).

В долине р. Черная под воздействием минерализованных поверхностных и грунтовых вод произошла трансформация почвенного покрова, и сформировались комплексы вторично засоленных аллювиальных почв. На участке с фрагментарной растительностью, в 2 м от русла реки и в 200 м от солеотвала БКПРУ-3 описана аллювиальная серогумусовая глеевая солончаковая почва (разрез 1, рис. 1).

Почвенный профиль имел следующее морфологическое строение: АУs, g – серогумусовый горизонт, 0–25/25 см, до глубины 3 см густо переплетен корнями растений, бурый, с рыжими пятнами, сырой, бесструктурный, по корневинам отложены железистые новообразования ржавого цвета; с глубины 3 см залегает сырой бесструктурный слой, в котором прослойки песка и суглинка сменяют друг друга: песчаные прослойки рыжего цвета, суглинистые – сизого; присутствуют единичные корни.

Gs[~] – глеевый горизонт: на глубине 25–33/8 см выделяется суглинистая прослойка интенсивной сизой окраски; слой 33–65/32 см – черного цвета, суглинистый, встречаются погребенные слабо разложившиеся остатки растительности.

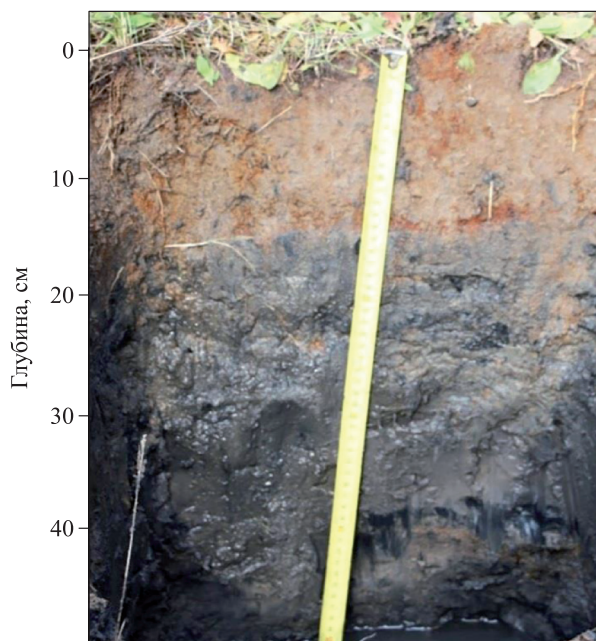


Рис. 2. Аллювиальная серогумусовая глеевая солончаковая почва (разрез 2).

CGs[~] – почвообразующая порода, 65–95/30 см – легкосуглинистый, при раскатывании чувствуются зерна песка, буровато-сизый, со стальным блеском, сырой, бесструктурный; на глубине около 80 см обнаружены остатки древесины.

На притеррасной части поймы, рядом с небольшим лесом, на расстоянии 1 м от ручья с соленой водой описана аллювиальная серогумусовая глеевая солончаковая почва (разрез 2, рис. 2).

Почвенный профиль имел следующее морфологическое строение: АУs, g – серогумусовый горизонт, 0–14/14 см, песчаный, влажный, рыже-бурый, в нижней части ржавый, присутствуют корни.

Gs[~] – глеевый горизонт, постепенно переходящий в почвообразующую породу, 14–52/38 см, сырой, тяжелосуглинистый, темно-сизый, с черными полосами и рыжевато-бурыми пятнами; вязкий, липкий, бесструктурный, встречаются корни растений, но в меньшем количестве, чем в серогумусовом горизонте. На глубине около 60 см вскрылись грунтовые соленые воды.

На притеррасной части поймы вблизи ручья с соленой водой, на участке с низким проективным покрытием, который занят одним видом растений (торечник солончаковый), заложен разрез 3 (рис. 3).

В аллювиальной серогумусовой глеевой солончаковой почве диагностировали следующие горизонты: АУs, g – серогумусовый горизонт, 0–17/17 см, бурый, вязкий, липкий, пластичный,

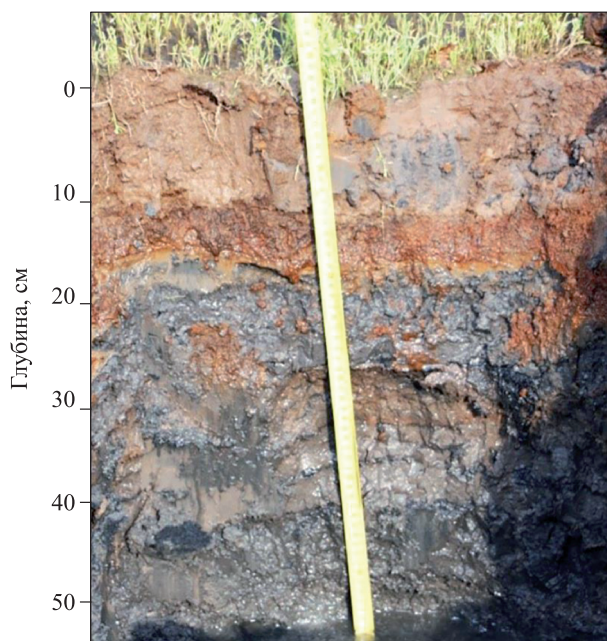


Рис. 3. Аллювиальная серогумусовая глеевая солончаковая почва (разрез 3).

тяжелосуглинистый, бесструктурный, встречаются корни растений, по корневинам отложены железистые новообразования ржавого цвета; в нижней части горизонта (13–17/3 см) расположена песчаная прослойка ярко-рыжего цвета.

Gs~ – глеевый горизонт, 17–52/35 см, сизого цвета, сырой, верхняя часть его оструктурена, призматические и тонкопризматические отдельности на изломе имеют ржавый цвет; вязкий, тяжелосуглинистый. На глубине около 60 см вскрылись грунтовые соленые воды.

В целом следует отметить, что морфологическое строение профиля исследуемых почв свидетельствует о частой смене окислительно-восстановительных условий, сопровождающейся мобилизацией Fe(II). Отмечено наличие оглеенных слоев темного цвета, причина темной окраски заключается в накоплении Fe(II)-минералов. В почвах сосуществуют минералогически разные, но биологически примерно одинаково доступные для редукции источники Fe(III): (гидр) оксиды железа и Fe(III)-содержащие слоистые силикаты. В ожелезненных тяжелосуглинистых гидроморфных почвах Предуралья оглеенные горизонты отличаются низкой светлотой за счет синтеза темных Fe(II)-минералов в условиях слабого оттока продуктов редукции Fe(III) (Водяницкий, 2008). Рассеянный дисперсный магнетит может изменить окраску бактериально редуцированного ферригидрита и смеси его с гетитом с оранжевого на черный (Benner et al., 2002).

В работах по оглеению почв (Зайдельман, 1998) процесс редукции Fe(III) рассматривался как биохимический; роль бактерий сводилась к сбраживанию органического вещества, которое в результате образует определенные низкомолекулярные органические соединения, действующие на Fe(III) как редуцтанты. В конце XX столетия описаны железовосстанавливающие бактерии, способные использовать энергию от восстановления Fe(III) для поддержания роста (Coates et al., 1999). Многие из них (представители родов *Shewanella*, *Panatoea* и *Rhodoferax*) не являются строгими анаэробами и способны использовать для дыхания кислород (Lin et al., 2004). Наиболее распространенные доноры электронов – некоторые органические кислоты. Переносить электроны к Fe(III) способны восстановленные гуминовые кислоты, в результате химической реакции образуется Fe(II) и регенерируется окисленная форма гуминовых кислот (Lovley, Blunt-Harris, 1999).

В профиле почвы из разреза 1 присутствовал черный слой, интенсивной редукции железа в нем, по-видимому, способствовали погребенные органические остатки, служащие энергетическим сырьем биогенного и биохимического восстановления Fe бактериями.

Профиль почвы в разрезе 3 отличался присутствием в серогумусовом горизонте песчаного слоя ржавого цвета, похожего на ортзанды. Для лесных гидроморфных ландшафтов характерен привнос железа; процесс образования ортзандов в районах распространения ожелезненной грунтовой воды описан Ф. Р. Зайдельманом (1998). Ортзанды генетически связаны с расположением глеевых горизонтов, образуют их верхнюю кровлю. Призматические и тонкопризматические отдельности темной окраски на изломе имеют ржавый цвет. При смене окислительного режима на восстановительный (гидр) оксиды железа могут сохраниться под прикрытием Fe(II)-соединений (Roden, Zachara, 1996).

Оглеение почв в зоне воздействия техногенных вод развивается в присутствии сульфатов. При закладке разрезов на вторично засоленных аллювиальных почвах не отмечен запах сероводорода; тем не менее, мы не исключаем вероятность того, что темная окраска оглеенных горизонтов может быть связана с сульфидогенезом. По классическим представлениям в солончатых и соленых водах широко распространены процессы восстановления серы сульфатов до сероводорода при участии сульфатредуцирующих бактерий. Сульфатредуцирующие бак-

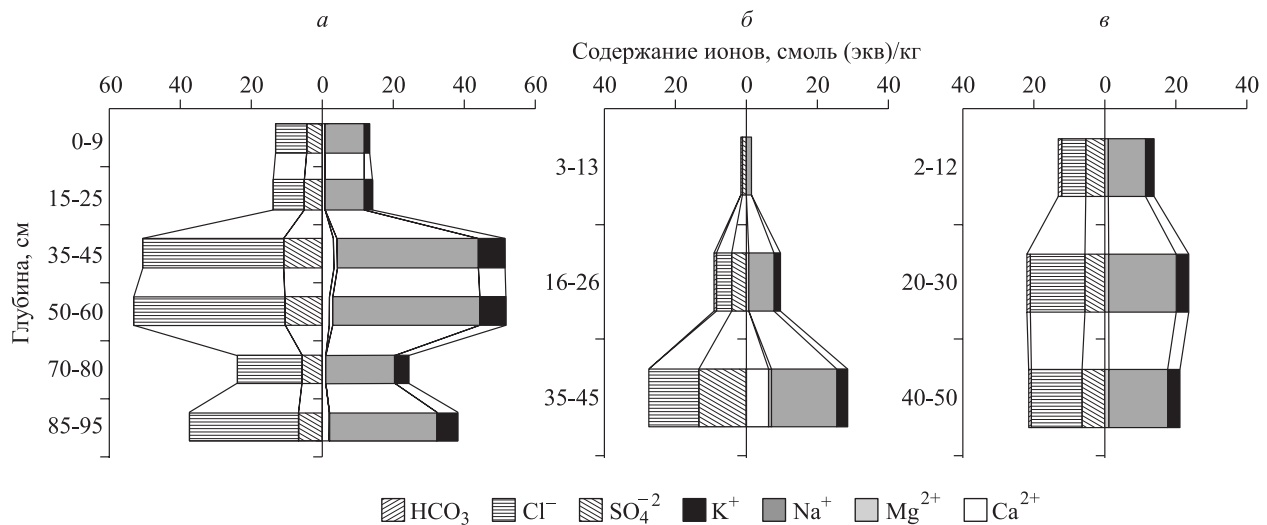


Рис. 4. Содержание ионов в водных вытяжках из аллювиальных серогумусовых глеевых солончаковых почв в долине р. Черная на разрезах 1 (а), 2 (б) и 3 (в).

терии (представители рода *Desulfovibrio*) – это хемоорганотрофные организмы, потребляющие органические вещества; их энергетический обмен связан с восстановлением серы сульфатов (Перельман, Касимов, 1999; Глазовская, 2007). В анаэробной сильно восстановительной среде, где железо находится в двухвалентной и относительно подвижной форме (преимущественно бикарбонатов), появление сероводорода приводит к образованию сульфидов железа и выпадению их в осадок в виде коллоидального черного осадка гидротроилита $FeSnH_2O$.

В гумидных ландшафтах неоднократно отмечали развитие техногенного сульфидогенеза. В поймах малых рек Ивановской области этот процесс связали с поступлением серы в составе промышленных стоков (Трухина, 1988). В Белоруссии при проведении исследований в районе рассолошламохранилища в почвенной толще обнаружен горизонт черного цвета. Рентгенографические и химические (макро-, микроэлементный состав, формы серы, окислительно-восстановительный потенциал и др.) исследования показали, что черная окраска обусловлена новообразованными сульфидными минералами типа гидротроилита (Хомич, 1985). О возможном образовании гидротроилитового горизонта в почвах в местах разгрузки засоленных подземных вод на месторождении калийных солей в Предуралье указывали Е. А. Хайрулина с соавт. (2018).

Изучение состава водной вытяжки из аллювиальных почв, находящихся под постоянным воздействием минерализованных вод от солотвала, показало, что водорастворимые соли

присутствуют в серогумусовых горизонтах, а максимальное их содержание – в глеевых горизонтах (рис. 4).

Содержание водорастворимых гидрокарбонатов в почвах было незначительным (от 0.15 до 0.72 смоль(экв)/кг). Количество хлоридов варьировало от низких значений (0.35 смоль(экв)/кг) до очень высоких (42.47 смоль(экв)/кг). Количество сульфат-ионов находилось в пределах 1.13–13.34 смоль(экв)/кг. В соответствии с критериями выделения родов по соотношению анионов (Шишов и др., 2004) почвы имели хлоридное засоление, за исключением аллювиальной серогумусовой глеевой почвы (разрез 2), которая характеризовалась сульфатно-хлоридным химизмом.

Среди катионов в водной вытяжке доминировали ионы Na^+ , их количество составляло от 1.28 до 41.38 смоль(экв)/кг. Примечательно, что на втором месте по содержанию были ионы K^+ , уровень его аккумуляции превысил суммарное количество Ca^{2+} и Mg^{2+} , и только в почвообразующей породе из разреза 2 количество Ca^{2+} все же превысило содержание ионов K^+ .

В соответствии с составом катионов (Шишов и др., 2004), аллювиальные почвы имели небольшие различия в химизме засоления. У почв из разрезов 1 и 3 был натриевый химизм; у почвы из разреза 2 в серогумусовом горизонте – тоже натриевое засоление, но в почвообразующей породе – кальциево-натриевое.

Методом связывания водорастворимых ионов в гипотетические соли (Мякина, Аринушкина, 1979) установлено преобладание в почвах хлоридов и сульфатов натрия.

Таблица 1. Содержание засоряющих ионов в водной вытяжке из аллювиальных серогумусовых глеевых солончаковых почв, смоль(экв)/кг почвы

Горизонт	Глубина, см	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
AUs, g, ≈	0–15	7.58 ± 3.15	1.17 ± 0.55	5.27 ± 2.50	3.77 ± 1.36
Gs, ≈	15–30	12.29 ± 3.43	2.35 ± 0.49	9.43 ± 3.25	5.07 ± 0.50
Gs, ≈	30–50	24.99 ± 7.50	4.67 ± 1.45	23.80 ± 8.09	10.15 ± 1.98

Примечание. Средние значения и стандартные ошибки (по 3 разрезам).

Таблица 2. Физико-химические и химические свойства аллювиальных серогумусовых глеевых солончаковых почв в долине р. Черная

Номер разреза	Глубина, см	pH _{H₂O}	Обменные катионы, смоль(экв)/кг					CO ₂ карбонатов	Гипс
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	%	
1	0–9	7.2	3.36	1.60	2.61	2.36	0	2.08	4.52
	15–25	7.6	2.32	0.40	3.04	3.59	0	6.70	0
	35–45	6.2	1.84	0.88	6.61	7.03	2.68	0	0
	50–60	5.9	2.24	1.04	6.96	7.18	3.54	0	4.04
	70–80	6.7	2.24	0.80	4.52	5.13	1.10	0.46	0.69
2	85–95	6.4	2.48	0.88	5.22	6.15	1.65	0	0.99
	3–13	7.1	1.52	0.96	2.09	0.67	0	2.08	0
	16–26	8.0	4.40	1.52	5.57	7.38	0	1.96	2.04
3	35–45	7.2	3.20	1.20	5.39	5.03	0	3.70	6.28
	2–12	7.9	3.04	2.16	6.26	5.28	0	3.93	6.41
	20–30	7.8	2.64	1.12	9.39	8.92	0	3.47	2.11
	40–50	7.6	2.32	1.28	6.61	6.77	0	4.04	2.69

Данные по среднему содержанию засоряющих ионов техногенного происхождения показали, что в водной вытяжке преобладали ионы Na⁺, ионов K⁺ содержалось заметно меньше. В серогумусовом горизонте между содержанием ионов Cl⁻ и SO₄²⁻ отсутствовали значимые различия; но в глеевом горизонте хлорид-ионов было в 1.5–2 раза больше, чем сульфат-ионов (табл. 1).

Почвы несколько отличались по кислотно-основным свойствам. Относительно контрастной была реакция среды в почве из разреза 1, она варьировала от слабокислой, нейтральной и до слабощелочной (табл. 2).

Нейтральной и слабощелочной реакцией среды характеризовались аллювиальные почвы из разрезов 2 и 3, содержание карбонатов в них колебалось от 0.5 до 6.7 %.

Емкость катионного обмена (ЕКО) в аллювиальных почвах зависела преимущественно от их гранулометрического состава. Суглинистые горизонты имели ЕКО в пределах 14–22 смоль(экв)/кг, а песчаные – около 5 смоль(экв)/кг. По доле обменного Na⁺ среди поглощенных катионов исследованные почвы относятся к виду средненатриевых почв (Шишов и др., 2004).

В отличие от слабощелочных аллювиальных почв (разрезы 2 и 3), слабокислая почва из разреза 1 сохранила ненасыщенность основаниями, общая доля обменных H⁺ и Al³⁺ в ней составляла 8–18 % ЕКО. Таким образом, в составе обменных оснований в аллювиальных вторично засоленных почвах долины р. Черная представлены Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, могут присутствовать H⁺ и Al³⁺. В почвенном поглощающем комплексе доминировали Na⁺ и K⁺, на их долю приходилось около 70 % ЕКО. Необходимо отметить аномальное количество K⁺ в составе почвенного поглощающего комплекса (13–40 % ЕКО), нередко превышающее долю Na⁺. Источником ионов калия, как и натрия, служат отходы производства, складываемые в солеотвалах, растворяющиеся в атмосферных осадках и мигрирующие в подземных и поверхностных водах.

В целом следует отметить, что в результате поступления техногенных солей в аллювиальных почвах произошла существенная трансформация состава обменных катионов. В почвенно-поглощающем комплексе катионы Na⁺ и K⁺ становятся преобладающими (табл. 3).

В серогумусовом горизонте содержание обменного Ca²⁺ не уступало содержанию Na⁺ и K⁺,

Таблица 3. Содержание обменных катионов в аллювиальных серогумусовых глеевых солончаковых почвах, смоль(экв)/кг

Горизонт	Глубина, см	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
AYs, g, ≈	0–15	3.65 ± 1.31	2.77 ± 1.35	2.64 ± 0.57	1.57 ± 0.35
Gs, ≈	15–30	6.00 ± 1.85	6.63 ± 1.58	3.12 ± 0.65	1.01 ± 0.33
Gs, ≈	30–50	6.20 ± 0.41	6.28 ± 0.63	2.45 ± 0.40	1.12 ± 0.12

Примечание. Средние значения и стандартные ошибки (по 3 разрезам).

однако в глеевом горизонте на фоне накопления одновалентных катионов доля кальция заметно ниже. Количество обменного Mg²⁺ было наименьшим и относительно слабо изменялось по горизонтам.

Новообразований гипса в профиле исследованных почв не обнаружено, но аналитические методы показали гипсосодержание в количестве 0.7–6.4 % (см. табл. 2). Появление гипса в техногенно засоленных глеевых почвах может быть обусловлено сульфидогенезом. Сульфиды железа окисляются при подсыхании почвы и установлении окислительного режима с образованием гидроксидов Fe(III) и серной кислоты. Если почва бескарбонатная, серная кислота может разрушить силикаты. Последним процессом объясняют оглинивание и образование железистых пленок на поверхности минеральных частиц при периодической смене затопления и просушивания почвенной толщи. Если в почве присутствуют карбонаты кальция, то при взаимодействии с серной кислотой они замещаются гипсом (Глазовская, 2007).

На основании полученных результатов диагностировали исследуемые техногенно засоленные почвы долины р. Черная до рода и вида (Шишов и др., 2004), а также в соответствии с мировой корреляционной базой почвенных ресурсов (World reference..., 2015):

– аллювиальная серогумусовая глеевая хлоридная натриевая солончаковая очень сильно засоленная средненатриевая почва; *Sodic Gleyic Fluvisols (Salic)* (разрез 1);

– аллювиальная серогумусовая глеевая насыщенная сульфатно-хлоридная кальциево-натриевая солончаковая сильно засоленная средненатриевая почва; *Gypsic Sodic Gleyic Fluvisols (Loamic, Salic)* (разрез 2);

– аллювиальная серогумусовая глеевая насыщенная хлоридная натриевая солончаковая очень сильно засоленная средненатриевая почва; *Gypsic Sodic Gleyic Fluvisols (Loamic, Salic)* (разрез 3).

Оценка масштабов развития вторичного галогенеза в долине р. Черная под воздействием техногенных минерализованных вод показала, что отчетливые признаки формирования солончаковых почв под изреженным растительным покровом прослежены на площади 17.3 га, что составляет около 16 % площади речной долины (рис. 5).

Ареалы солончаковых почв встречаются по всей долине, даже вблизи места впадения р. Черная в р. Волим. Участки под изреженной растительностью на солончаковых почвах чередуются с участками, густо заросшими луговой и лугово-болотной растительностью.

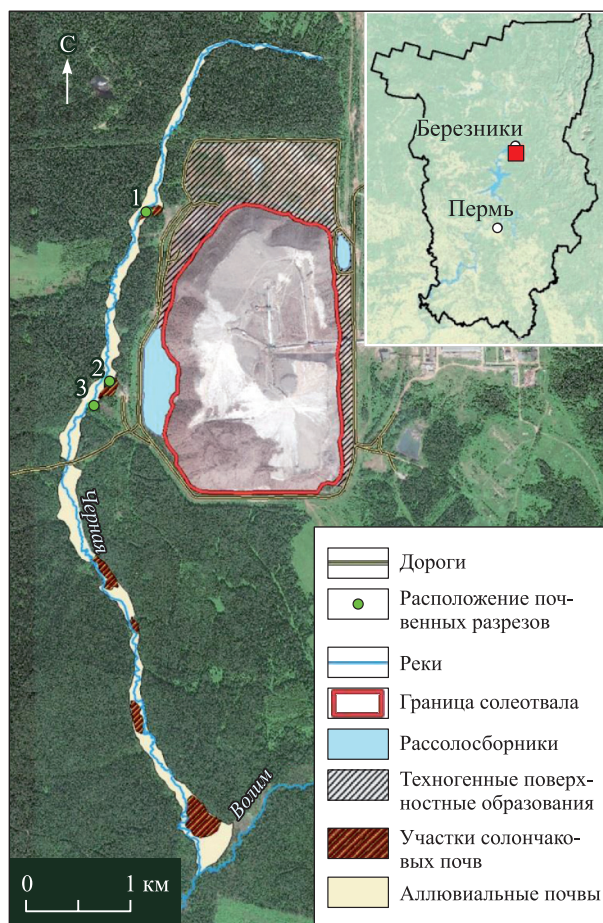


Рис. 5. Картосхема расположения аллювиальных солончаковых почв в долине р. Черная.

По нашему мнению, все аллювиальные почвы долины р. Черная содержат некоторое количество техногенных солей в связи с минерализацией почвенно-грунтовых вод, как это было ранее установлено в долинах рек Ленва и Усолка (Еремченко и др., 2020; Eremchenko et al., 2020).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В долине р. Черная под воздействием техногенных минерализованных вод образовались солончаковые аллювиальные почвы. В профиле этих почв серогумусовые горизонты постепенно переходят в глеевые горизонты, у которых темная (до черной) окраска, по-видимому, связана с образованием Fe(II)-содержащих минералов, в том числе магнетита и гидротроилита.

В солончаковых почвах преобладали хлориды и сульфаты натрия, в меньшей степени присутствовали соли калия. Техногенное засоление сопровождалось накоплением в почвенном поглощающем комплексе ионов Na^+ и в равной степени – ионов K^+ ; суммарная доля этих ионов достигала 70 % от емкости катионного обмена. В большинстве почвенных горизонтов отмечены нейтрализация кислой реакции среды, появление карбонатов (до 6.7 %) и гипса (до 6.4 %).

На основании полученных результатов исследуемые техногенно-засоленные почвы долины р. Черная были диагностированы до рода и вида относительно современной классификации почв России, а также в соответствии с мировой корреляционной базой почвенных ресурсов.

В настоящее время общая площадь солончаковых почв составляет 17.3 га и занимает около 16 % долины р. Черная. В целом уровни накопления легко- и среднерастворимых солей в этих почвах, направленность изменений в составе обменных оснований соответствуют характеристикам ранее исследованных солончаковых почв в долине р. Ленва (Еремченко и др., 2020; Eremchenko et al., 2020). Это соответствие позволяет утверждать, что техногенная трансформация почв под воздействием минерализованных вод от шламохранилища и солеотвала БКПРУ-3 развивается по одинаковым закономерностям.

Создание базы геоданных с информацией по ареалам и свойствам техногенно засоленных аллювиальных почв в полной мере соответствует потребностям времени и запросам народного хозяйства на современном этапе природопользования. Направленность техногенных измене-

ний в профиле аллювиальных почв лесной зоны может служить моделью эволюционных изменений в условиях усиления сухости климата и связанного с этим засоления гидроморфных почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (REFERENCES)

- Артамонова В. С., Дитц Л. Ю., Елизарова Т. Н., Лютых И. В. Техногенное засоление почв и их микробиологическая характеристика // Сиб. экол. журн. 2010. Т. 17. № 3. С. 461–470 [Artamonova V. S., Dits L. Yu., Elizarova T. N., Lyutykh I. V. Tekhnogennoe zasolenie pochv i ikh mikrobiologicheskaya kharakteristika (Technogenic salinization of soils and their microbiological characterization) // Sib. ekol. zhurn. (Sib. Ecol. J.). 2010. V. 17. N. 3. P. 461–470 (in Russian with English abstract)].
- Водяницкий Ю. Н. Диагностика переувлажненных минеральных почв. М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева РАСХН, 2008. 143 с. [Vodyanitskiy Yu. N. Diagnostika pereuvlazhnykh mineralnykh pochv (Diagnostics of waterlogged mineral soils). Moscow: Pochvenny in-t im. V. V. Dokuchaeva RASKhN (Dokuchaev Soil Inst. Rus. Acad. Agr. Sci.), 2008. 143 p. (in Russian)].
- Габбасова И. М., Сулейманов Р. Р. Трансформация серых лесных почв при техногенном засолении и осолонцевании и в процессе их рекультивации в нефтедобывающих районах Южного Приуралья // Почвоведение. 2007. № 9. С. 1120–1128 [Gabbasova I. M., Suleimanov R. R. Transformatsiya serykh lesnykh pochv pri tekhnogennom zasolenii i osolontsevanii i v protsesse ikh rekultivatsii v nefte dobyvayushchikh rayonakh Yuzhnogo Priuralya (Transformation of gray forest soils upon technogenic salinization and alkalization and subsequent rehabilitation in oil-producing regions of the southern Urals) // Pochvovedenie (Soil Sci.). 2007. N. 9. P. 1120–1128 (in Russian with English abstract)].
- Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов (ландшафтно-геохимические процессы): учеб. пособ. для студентов, обучающихся по специальности 020404 – География и 020804 – Геоэкология. М.: Геогр. ф-т МГУ, 2007. 350 с. [Glazovskaya M. A. Geokhimiya prirodnykh i tekhnogennykh landshaftov (landshaftno-geokhimicheskiye protsessy): ucheb. posob. dlya studentov, obuchayushchikhsya po spetsialnostyam 020404 – Geografiya i 020804 – Geoekologiya (Geochemistry of natural and man-made landscapes (landscape-geochemical processes): tutorial for students studying in the specialties 020404 – Geography and 020804 – Geoecology). Moscow: Geogr. f-t MGU (Geogr. Faculty Moscow St. Univ.), 2007. 350 p. (in Russian)].
- ГОСТ 26212-91. Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИ-НАО. Утв. и введен в действие Постановлением Комитета стандартизации и метрологии СССР от 29.12.91 № 2389. Офиц. изд-ние. М.: Изд-во стандартов, 1992. 7 с. [ГОСТ 26212-91. Pochvy. Opredelenie gidroliticheskoy kislotnosti po metodu Kappena v modifikatsii TsINAO. Utv. i vveden v deystvie Postanovleniyem Komiteta standartizatsii i metrologii SSSR ot 29.12.91 N. 2389. Ofits. izd-niye (GOST 26212-91. Soils. Determination of hydrolytic acidity by the Kappen method modified by

- ZINAO. Approved. and put into effect by the Decree of the Committee for Standardization and Metrology of the USSR dated December 29, 1991 N. 2389. Ofit. edition). Moscow: Izd-vo standartov (Publ. house of standards), 1992. 7 p. (in Russian)].
- ГОСТ 34467-2018 Грунты. Метод лабораторного определения содержания карбонатов. Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 28 сентября 2018 г. № 112-П). Дата введения: 2019.09.01. Офици. изд-ние. М.: Стандартинформ, 2019. 10 с. [GOST 34467-2018 Grunty. Metod laboratornogo opredeleniya sodержaniya karbonatov. Prinyat Mezghosudarstvennym sovetom po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii (protokol ot 28 sentyabrya 2018 g. N. 112-P). Data vvedeniya: 2019.09.01. Ofits. izd-niye (GOST 34467-2018 Soils. Method for laboratory determination of carbonate content. Adopted by the Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (minutes of September 28, 2018 N. 112-P). Date of introduction: 2019.09.01. Official. Ed.). Moscow: Standartinform, 2019. 10 p. (in Russian)].
- Добровольский Г. В., Балабко П. Н., Стасюк Н. В., Быкова Е. П. Аллювиальные почвы речных пойм и дельт и их зональные отличия // Аридные экосистемы. 2011. Т. 17. № 3 (48). С. 5–12 [Dobrovolskiy G. V., Balabko P. N., Stasyuk N. V., Bykova E. P. Alluvialnye pochvy rechnykh пойм i del't i ikh zonalnye otlichiya (Alluvial soils of river floodplains and deltas and their zonal differences) // Aridnye ekosistemy (Arid ecosystems). 2011. V. 17. N. 3 (48). P. 5–13 (in Russian with English abstract)].
- Еремченко О. З., Четина О. А., Кусакина М. Г., Шестаков И. Е. Техногенные поверхностные образования зоны солеотвалов и адаптация к ним растений. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2013. 148 с. [Eremchenko O. Z., Chetina O. A., Kusakina M. G., Shestakov I. E. Tekhnogennyye poverkhnostnyye obrazovaniya zony soleotvalov i adaptatsiya k nim rasteniy (Technogenic surface formations zones of salt dumps and adaptation of plants to them). Perm: Perm. gos. nats. issl. un-t. (Perm St. Nat. Res. Univ.), 2013. 148 p. (in Russian)].
- Еремченко О. З., Митракова Н. В., Шестаков И. Е. Природно-техногенная организация почвенного покрова территории воздействия солеотвалов и шламоохранилищ в Соликамско-Березниковском экономическом районе // Вестн. Перм. ун-та. Сер. Биол. 2017. Вып. 3. С. 311–320 [Eremchenko O. Z., Mitrakova N. V., Shestakov I. E. Prirodno-tekhnogennaya organizatsiya pochvennogo pokrova territorii vozdeystviya soleotvalov i shlamokhranilishch v Solikamsko-Bereznikovskom ekonomicheskom rayone (Natural and technological organization of a soil cover of the area of influence of the salt dumps and sludge in Solikamsk-Berezniki economic area) // Vestn. Perm un-ta. Ser. Biol. (Bull. Perm Univ. Ser. Biol.). 2017. Iss. 3. P. 311–320 (in Russian with English abstract)].
- Еремченко О. З., Пахоруков И. В., Шестаков И. Е. Развитие солончакового процесса в почвах долин малых рек таежно-лесной зоны в связи с производством калийных солей // Почвоведение. 2020. № 4. С. 483–494 [Eremchenko O. Z., Pakhorukov I. V., Shestakov I. E. Razvitie solonchakovogo protsesssa v pochvakh dolin malykh rek taezhno-lesnoy zony v svyazi s proizvodstvom kaliynykh soley (Development of the solonchak process in soils of small river valleys in the taiga-forest zone in relation to the production of potassium salts) // Pochvovedenie (Soil Sci.). 2020. N. 4. P. 483–494 (in Russian with English abstract)].
- Зайдельман Ф. Р. Процесс глееобразования и его роль в формировании почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 300 с. [Zaydelman F. R. Protsess gleeobrazovaniya i ego rol v formirovaniy pochv (The process of gley formation and its role in soil formation). Moscow: Izd-vo Mosk. un-ta (Moscow Univ. Publ.), 1998. 300 p. (in Russian)].
- Засоленные почвы России / отв. редакторы Л. Л. Шишов, Е. И. Панкова. М.: Академкнига, 2006. 854 с. [Zasolennyye pochvy Rossii (Saline soils of Russia) / L. L. Shishov, E. I. Pankova (Eds.). Moscow: Akademkniga, 2006. 853 p. (in Russian)].
- Казанцева М. Н., Сванидзе И. Г., Якимов А. С., Соромотин А. В. Трансформация луговых фитоценозов долины Иртыша в связи с воздействием минерализованных артезианских вод // Раст. ресурсы. 2014. Т. 50. Вып. 2. С. 216–226 [Kazantseva M. N., Svanidze I. G., Yakimov A. S., Soromotin A. V. Transformatsiya lugovykh fitotsenozov doliny Irtysha v svyazi s vozdeystviem mineralizovannykh artezianskikh vod (Transformation of meadow phytocenoses of Irtysh valley due to the impact of the mineralized artesian water) // Rast. resursy (Plant res.). 2014. V. 50. Iss. 2. P. 216–226 (in Russian with English abstract)].
- Лискова М. Ю. Негативное воздействие, оказываемое на окружающую среду предприятиями по добыче и обогащению калийно-магниевых солей // Вестн. Перм. нац. иссл. политех. ун-та. Геол. нефтегаз. и горн. дело. 2017. Т. 16. № 1. С. 82–88 [Liskova M. Yu. Negativnoe vozdeystvie, okazyvaemoe na okruzhayushchuyu sredu predpriyatiyami po dobyche i obogashcheniyu kalynno-magnievyykh soley (Negative impact on the environment caused by companies that mine and process potassium and magnesium salts) // Vestn. Perm nats. issl. politekh. un-ta. Geol. Neftegaz. i gorn. delo. (Bull. Perm Nat. Res. Polytech. Univ. Geol. Oil & Gas Engineer. & Mining). 2017. V. 16. N. 1. P. 82–88 (in Russian with English abstract)].
- Методика определения обменных оснований в засоленных почвах методом Пфедффера в модификации Молодцова и Игнатовой // Химия почвы и земли. 2017. 19 февраля. 3 с.
- Мякина Н. В., Аринушкина Е. В. Методическое пособие для чтения результатов химических анализов почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. 63 с. [Myakina N. V., Arinushkina E. V. Metodicheskoe posobie dlya chteniya rezultatov khimicheskikh analizov pochv (Methodological guide for reading the results of chemical analyses of soils). Moscow: Izd-vo Mosk. un-ta (Moscow Univ. Publ.), 1979. 63 p. (in Russian)].
- Перельман А. И., Касимов Н. С. Геохимия ландшафта. М.: Астрейя-2000, 1999. 610 с. [Perelman A. I., Kasimov N. S. Geokhimiya landshafta (Geochemistry of landscape). Moscow: Astreya-2000, 1999. 610 p. (in Russian)].
- Ронжина Т. В. Техногенная трансформация дерново-подзолистых почв в районах добычи углеводородного сырья при разливе сточных вод // Естеств. и техн. науки. 2009. № 6 (44). С. 452–454 [Ronzhina T. V. Tekhnogennaya transformatsiya dernovo-podzolistykh

- pochv v rayonakh dobychi uglevodorodnogo syrya pri razlive stochnykh vod (Technogenic transformation of sod-podzolic soils in areas of hydrocarbon production during wastewater spillage) // *Estestv. i tekhn. nauki* (Nat. & Tech. Sci.). 2009. N. 6 (44). P. 452–454 (in Russian with English abstract)].
- Трухина Л. Ф. Почвы пойм малых рек и пути повышения их плодородия и производительности (на примере Ивановской области): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева ВАСХНИЛ, 1988. 26 с. [Trukhina L. F. Pochvy poym malykh rek i puti povysheniya ikh plodorodiya i proizvoditelnosti (na primere Ivanovskoy oblasti): avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk (Soils of floodplains of small rivers and ways to increase their fertility and productivity (on the example of the Ivanovo Oblast): Cand. Agr. Sci. (PhD) thesis). Moscow: Pochv. in-t im. V. V. Dokuchayeva VASKhNIL (Dokuchaev Soil Inst., Lenin All-Union Acad. Agr. Sci.), 1988. 26 p. (in Russian)].
- Унифицированные методы анализа вод / Отв. ред. Ю. Ю. Лурье. Изд. 2-е, испр. М.: Химия, 1973. 376 с. [Unifitsirovannyye metody analiza vod (Unified methods of water analysis) / Yu. Yu. Lurye (Ed.). Izd. 2-e, ispr. (2nd, rev.). Moscow: Khimiya (Chemistry), 1973. 376 p. (in Russian)].
- Хайрулина Е. А., Новоселова Л. В., Шестаков И. Е., Богущ А. А. Формирование природно-техногенных ландшафтов при разработке месторождения калийных солей // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. М.: ВНИИ агрохим. им. Д. Н. Прянишникова, 2018. Т. II. С. 220–223 [Khayrulina E. A., Novoselova L. V., Shestakov I. E., Bogush A. A. Formirovanie prirodno-tekhnogennykh landshaftov pri razrabotke mestorozhdeniya kaliynykh soley (Formation of natural and man-made landscapes during the development of potash deposits) // *Novyye metody i rezultaty issledovaniy landshaftov v Evrope, Tsentralnoy Azii i Sibiri* (New methods and results of the landscape research in Europe, Central Asia and Siberia). Moscow: VNIИ agrokhim. im. D. N. Pryanishnikova RAN (Pryanishnikov All-Rus. Res. Inst. Agrochem.), 2018. V. II. P. 220–223 (in Russian with English abstract)].
- Хомич В. С. Сульфидные новообразования в почвогрунтах как результат взаимодействия природных и техногенных факторов // Докл. Акад. наук БССР. 1985. Т. 29. № 3. С. 267–270 [Khomich V. S. Sulfidnye novoobrazovaniya v pochvogruntakh kak rezultat vzaimodeystviya prirodnykh i tekhnogennykh faktorov (Sulfide neoplasms in soils as a result of interaction of natural and technogenic factors) // *Dokl. Akad. nauk BSSR* (Proc. Belarus Acad. Sci.). 1985. V. 29. N. 3. P. 267–270 (in Russian)].
- Шчербак Г. Г., Фоминых Д. Е. Техногенное засоление и возможности рекультивации почв на территориях нефтяных месторождений Западной Сибири // Инженер. изыскания. 2012. № 9. С. 66–71 [Fominykh D. E., Shcherbak G. G. Tekhnogennoe zasolenie i vozmozhnosti rekultivatsii pochv na territoriyakh neftyanykh mestorozhdeniy Zapadnoy Sibiri (Technogenic salinization of soils in the Western Siberia oil fields and their reclaiming) // *Inzhener. izyskaniya* (Engineering surveys). 2012. N. 9. P. 66–71 (in Russian with English abstract)].
- Шишов Л. Л., Тонконогов В. Д., Лебедева И. И., Герасимова М. И. Классификация и диагностика почв России / под ред. Г. В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с. [Shishov L. L., Tonkonogov V. D., Lebedeva I. I., Gerasimova M. I. Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii (Classification and diagnostics of Russian soils) / G. V. Dobrovolski (Ed.). Smolensk: Oykumena, 2004. 342 p. (in Russian)].
- Якимов А. С., Сванидзе И. Г., Казанцева М. Н., Соромотин А. В. Изменение свойств почв речных долин южной тайги Западной Сибири под действием минерализованных артезианских вод // Почвоведение. 2014. № 3. С. 364–374 [Yakimov A. S., Svanidze I. G., Kazantseva M. N., Soromotin A. V. Izmenenie svoystv pochv rechnykh dolin yuzhnoy taygi Zapadnoy Sibiri pod deystviem mineralizovannykh artezianskikh vod (Changes in soil properties of river valleys in the southern taiga of Western Siberia under the influence of mineralized artesian waters) // *Pochvovedenie* (Soil Sci.). 2014. N. 3. P. 364–374 (in Russian with English abstract)].
- Artamonova V. S., Dits L. Yu., Elizarova T. N., Lyutykh I. V. Technogenic salinization of soils and their microbiological characterization // *Contem. Probl. Ecol.* 2010. V. 3. N. 3. P. 323–330 (Original Russian Text © V. S. Artamonova, L. Yu. Dits, T. N. Elizarova, I. V. Lyutykh, 2010, publ. in *Sibirskii Ekologicheskii Zhurnal*. 2010. V. 17. N. 3. P. 461–470).
- Benner S. G., Hansel C. M., Wielinga B. W., Barber T. M., Fendorf S. Reductive dissolution and biomineralization of iron hydroxide under dynamic flow conditions // *Environ. Sci. Technol.* 2002. V. 36. Iss. 8. P. 1705–1711.
- Coates J. D., Ellis D. J., Gaw C. V., Lovley D. R. *Geothrix fermentans* gen. nov., sp. nov., a novel Fe(III)-reducing bacterium from a hydrocarbon-contaminated aquifer // *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 1999. V. 49. Iss. 4. P. 1615–1622.
- Dobrovolski G. V., Balabko P. N., Stasjuk N. V., Bykova E. P. Alluvial soils of river floodplains and deltas and their zonal differences // *Arid Ecosystems*. 2011. V. 1. N. 3. P. 119–124 (Original Russian Text © G. V. Dobrovolski, P. N. Balabko, N. V. Stasjuk, E. P. Bykova, 2011, publ. in *Aridnye Ekosistemy*. 2011. V. 17. N. 3 (48). P. 5–13).
- Eremchenko O. Z., Pakhorukov I. V., Shestakov I. E. Development of the solonchak process in soils of small river valleys in the taiga-forest zone in relation to the production of potassium salts // *Euras. Soil Sci.* 2020. V. 53. N. 4. P. 512–522 (Original Russian Text © O. Z. Eremchenko, I. V. Pakhorukov, I. E. Shestakov, 2020, publ. in *Pochvovedenie*. 2020. N. 4. P. 483–494).
- Gabbasova I. M., Suleimanov R. R. Transformation of gray forest soils upon technogenic salinization and alkalization and subsequent rehabilitation in oil-producing regions of the southern Urals // *Euras. Soil Sci.* 2007. V. 40. Iss. 9. P. 1000–1007 (Original Russian Text © I. M. Gabbasova, R. R. Suleimanov, 2007, publ. in *Pochvovedenie*. 2007. N. 9. P. 1120–1128).
- Hulisz P., Charzyński P., Giani L. Application of the WRB classification to salt-affected soils in Poland and Germany // *Pol. J. Soil Sci.* 2010. V. 43. Iss. 1. P. 81–92.
- Lin W. C., Coppi M. V., Lovley D. R. *Geobacter sulfurreducens* can grow with oxygen as a terminal electron acceptor // *Appl. Environ. Microbiol.* 2004. V. 70. N. 4. P. 2525–2528.
- Lovley D. R., Blunt-Harris E. L. Role of humic-bound iron as an electron transfer agent in dissimilatory Fe(III) re-

- duction // *Appl. Environ. Microbiol.* 1999. V. 65. Iss. 9. P. 4252–4254.
- Metternicht G. I., Zinck J. A. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints // *Rem. Sens. Environ.* 2003. V. 85. Iss. 1. P. 1–20.
- Roden E. E., Zachara J. M. Microbial reduction of crystalline iron(III) oxides: influence of oxide surface area and potential for cell growth // *Environ. Sci. Technol.* 1996. V. 30. Iss. 5. P. 1618–1628.
- Szabolcs I. An overview on soil salinity and alkalinity in Europe // *Soil salinization and alkalization in Europe* / N. Misopolilnos, I. Szabolcs (Eds.). Greece: ESSC spec. publ. Thessaloniki, 1996. P. 1–12.
- World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps – Update 2015. *World Soil Resources Reports No. 106*. Rome, Italy: FAO, 2015. 192 p.

PROPERTIES OF SECONDARY SALINE ALLUVIAL SOILS IN THE TAIGA-FOREST ZONE OF KAMA REGION

I. V. Pakhorukov, O. Z. Eremchenko

*Perm State National Research University
Bukirev str., 15, Perm, 614990 Russian Federation*

E-mail: Ivan-psu@yandex.ru, eremch@psu.ru

In Perm Krai, production of potash salts is accompanied by storage of salt waste on the surface. From salt dumps and slime storages, an underground flow of mineralized water was formed, due to which a saline soil formation process develops in the valleys of small rivers in the Kama river basin. Secondary saline alluvial soils were examined in the Chernaya river valley on the territory of the Berezniki potash production mine management. The morphostructural profile of soils shows signs of frequent changes in redox conditions. The Fe (III) ↔ Fe (II) transitions characteristic of hydromorphic soils were accompanied by the formation of a black color in the gelled horizons, which is probably caused by the synthesis of dark-colored minerals, including magnetite and hydrotroilite. Alluvial saline soils are characterized by strong salinity, chloride and sulfate-chloride, sodium and calcium-sodium chemistry. They show the neutralization of acidity, the appearance of carbonates, gypsum formation, and the entry of sodium and potassium ions into the soil absorbing complex. An assessment of the scale of secondary halogenesis development showed that distinct signs of saline soil formation were observed on an area of 17.3 ha, which is about 16 % of the river valley area. The rest of the alluvial soils may also contain easily soluble salts in varying amounts due to the mineralization of soil and ground water. The studied secondary saline soils were diagnosed to the genus and species relative to the modern classification of soils in Russia (2004), as well as in accordance with the world correlation database of soil resources (WRB). In general, the salinity levels, the reaction of the soil environment, and the composition of exchange bases in the alluvial soils of the Chernaya river correspond to the characteristics of previously studied secondary saline soils in the valleys of other small rivers of the Kama region. This correspondence allows us to state that the technogenic transformation of soils under the influence of mineralized water from the dump-sludge economy in the production of potash salts develops according to the same laws.

Keywords: *potash production, salt dumps, mineralized waters, river valley, secondary salinization, soil transformation and systematics.*

How to cite: *Pakhorukov I. V., Eremchenko O. Z. Properties of secondary saline alluvial soils in the taiga-forest zone of Kama region // Sibirskij Lesnoj Zurnal (Sib. J. For. Sci.). 2021. N. 3. P. 76–86 (in Russian with English abstract and references).*