

the earth's surface of the south-western territories of depression of lake Hovsgol of Baikal rift zone are considered in aspect of preserving of the natural-historical biosphere and optimizing of the strategies of rational nature management at the lake basin. It is shown that no noticeable qualitative or quantitative deviations at vegetation cover have been found in the studied geosystems with abnormal phosphorus content. The prevention of phosphatization of lake Hovsgol' waters and of growth of the areal of phosphorite' dispersions is provided both by the presence of carbonate and other geochemical barriers around the Deposit, and by the formation of a biogeochemical barrier due to high biological activity, productivity of biogeocenoses and soil fertility of the landscapes, formed on the outputs rocks of phosphorites despite of the strong lateral flow down of substances at mountain conditions.

УДК 631.4

Формирование засоленных техногенных почв в зоне влияния калийных предприятий

Н.В. Митракова, Е.А. Хайрулина

*Естественнаучный институт Пермского государственного национального
исследовательского университета, г. Пермь, Mitrakovanatalya@mail.ru*

Исследование проводилось на территории Верхнекамского калийного месторождения в долине реки Лёнвы. Верхнекамское калийное производство привело к накоплению большого количества отходов, представленных в основном рассолами, глинисто-солевыми шламами и твердыми галитовыми отходами. Образованные дренажные воды Na-Cl состава загрязняли грунтовые воды. В результате засоления грунтовых вод произошла существенная трансформация почв вокруг области добычи калийных солей и в долинах рек.

Ключевые слова: *подземные и поверхностные воды, засоление, шламохранилище, аллювиальная солончаковая почва, микроэлементы*

Разработка калийного месторождения вызывает накопление большого количества отходов, которые оказывают негативное воздействие на окружающую среду. На территории Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей накоплено более 270 млн т галитовых отходов в солеотвалах и более 30 млн м³ глинисто-солевых шламов в шламохранилищах [1]. Отходы шламохранилищ состоят из нерастворимого остатка в виде глинисто-солевого шлама и избыточных рассолов. Глинисто-солевые шламы на 35–40% состоят из водорастворимых солей. Рассолы имеют Na-Cl состав с минерализацией свыше 300 г/л. В связи с этим формируются дренажные воды с хлоридно-натриевым составом шламохранилищ [1]. Последствиями поступления дренажных вод в окружающую среду является повышение содержания хлоридов, натрия и калия в грунтовых водах, минерализация подземных вод выросла в несколько десятков раз. В результате подработки шахтного пространства произошло повышение уровня грунтовых

вод. Долговременное влияние высокоминерализованных подземных вод привело к засолению почв долин малых рек.

Цель исследования – оценка влияния засоленных подземных вод на аллювиальные почвы долины р. Ленва. Исследования проходили на территории Верхнекамского месторождения калийных солей в долине реки Ленва. Два калийных предприятия с солеотвалами и шламохранилищами формируют зону засоления подземных вод. Разгружающиеся на поверхность подземные воды в виде родников характеризуются хлоридно-натриевым составом с минерализацией более 20 г/л. Минерализация вод р. Лёнва на территории исследования (ниже 1 км от шламохранилища) составляет от 5,3 до 21,8 г/л, со средним значением 12,8 г/л. В результате многолетнего воздействия засоленных подземных вод на почвенный покров в долине реки Ленва аллювиальные гумусовые глеевые глинистые почвы были преобразованы в аллювиальные гумусовые глеевые солончаковые глинистые почвы (Fluvisols Gleyic salic) [2].

В местах выхода на поверхность подземных вод или их близкого расположения от поверхности в долине р. Ленва в 2016 (образец 1) и 2019 гг. (образец 2) были взяты образцы почв; глубина прикопки зависела от появления просачивающейся со стенок разреза воды и накопления ее в разрезе, в 2016 г. глубина исследуемого почвенного профиля составляла 105 см, в 2019 г. – 60 см.

Почвенные исследования включали морфологическое описание и физико-химический анализ свойств почв. Диагностика почв проводилась согласно классификации почв России (2004) [3]. Физико-химический анализ почв включал определение органического вещества, pHвод и pHсол, гидролитической кислотности и суммы обменных катионов, ЕКО. Количество и качество растворимых солей определяли в водной вытяжке: Na^+ и K^+ – на пламенном фотометре; Cl^- – титрованием с азотнокислым серебром; Ca^{2+} , Mg^{2+} – трилометрическим методом; количество сульфат-ионов рассчитывали по разности сумм катионов и анионов (2016 г.), методом осаждения сульфата бария с фотометрическим окончанием (2019 г.) (Минеев, 2001); сумма токсичных солей расчетным методом (Аринушкина), содержание карбонатов по Молодцову. Данные были проанализированы с использованием статистической программы STATISTICA применением корреляционного анализа и t-теста.

Морфологические признаки почвы, исследованной в 2016 и 2019 гг., не отличались. По профилю выделились три генетических горизонта. Серогумусовый горизонт (AYs) серо-бурого цвета, до глубины 10–17 см густо переплетен корнями, имел комковатую структуру. С глубины около 20 см появлялись признаки оглеения, представляющие собой сизые и ржавые пятна. Оглеенная почвообразующая порода Сg серого цвета, присутствовали ржавые примазки, отмечалось наличие железо-марганцевых примазок. С глубины 70 см залегала аллювиальная глеевая порода (CG) сизого цвета с ржавыми примазками.

Исследуемые почвы характеризовались хлоридным типом засоления, имели хлоридный натриево-кальциевый химизм. Содержание водорастворимых ионов в верхнем слое (5–15 см) аллювиальной солончаковой почвы (образец 1) составляло (мг/100 г): Cl^- – 330,1; HCO_3^- – 11,6; K^+ – 7,8; Na^+ – 39,1; Ca^{2+} – 76; Mg^{2+} – 20,4, сульфаты не обнаружены по всей глубине прикопки. До 50 см харак-

терна незначительная вариация содержания водорастворимых ионов по глубине профиля, с глубины 50 см происходит увеличение количества ионов (мг/100 г): Cl^- – 379,8; HCO_3^- – 51,9; K^+ – 7,8; Na^+ – 50,6; Ca^{2+} – 96; Mg^{2+} – 30; которое продолжается вниз по профилю. Для слоя глубины 70–80 см характерно увеличение содержания всех ионов в 2–2,5 раза по сравнению с 50–60 см. Сумма токсичных солей увеличилась с 0,4% в слое 5–15 см до 1,3% на глубине 70–80 см. Карбонаты и гипс не обнаружены. Аллювиальная солончаковая почва (образец 2) характеризовалась большим содержанием натрия и хлорид ионов, что может быть связано с высоким уровнем грунтовых вод во время взятия образцов. Так в слое 2–12 см содержание ионов было следующим (мг/100 г): Cl^- – 481; HCO_3^- – 5,49; K^+ – 10,14; Na^+ – 174,8; Ca^{2+} – 60; Mg^{2+} – 16,2. Сульфаты в слое 2–12 не обнаружены, однако в слое 12–16 см их содержание составляло 12 мг/100 г, к глубине 29–60 см – 43,2 мг/100 г. Для образца 2 характерно увеличение содержания некоторых ионов в несколько раз с глубиной, так содержание хлорид ионов в слое 29–60 см увеличилось до 1778,5 мг/100 г, натрия – 699,2 мг/100 г, кальция – 272 мг/100 г, для калия и магния характерно незначительное изменение по сравнению с верхним слоем. Сумма токсичных солей изменялась с 0,7% в слое 2–12 см до 1,4% в слое 29–60 см. содержание карбонатов в верхнем слое 91 мг-экв/100 г, к глубине 60 см содержание карбонатов снижается до 47 мг-экв/100 г. Гипс не был обнаружен.

Исследуемые образцы почв характеризовались высоким содержанием органического углерода, в верхнем слое образца 1 содержание органического углерода составляло 5,42%, в образце 2 – 8,8%, высокое содержание прежде всего обусловлено природными особенностями аллювиальных почв, также играет роль травянистая растительность, представленная разнообразными злаковыми. Реакция почвенного раствора в образце 1 изменялась от резко до сильнокислой с глубиной ($\text{pH}_{\text{вод}}$ – 4,16–5,18), в образце 2 кислотность с глубиной менялась от резкокислой (4,15) до нейтральной (6,58). Высокая величина гидролитической кислотности в верхнем слое (13,3; 13,5 мг-экв/100г) также свидетельствует о повышенной кислотности почв в верхних слоях. Отмечается смещение кислой реакции фоновых почв к нейтральной, что связано с воздействием засоленных грунтовых вод. Емкость катионного обмена указывает о высоком уровне поглотительной активности в верхних слоях почв (82,7 и 37,8 мг-экв/100 г).

Статистический анализ показал отсутствие различий в содержании водорастворимых ионов в образце 1 и 2, кроме ионов натрия, содержание которого различается в несколько раз. Содержание ионов в исследуемых почвах показывает стабильный характер засоления, повышенное содержание натрия можно объяснить временным внесением его с поверхностными и подземными водами, так как в 2019 году Ленва длительный период времени не могла войти в берега из-за частых осадков и весеннего половодья.

В аллювиальной солончаковой почве (образец 2) было найдено содержание следующих микроэлементов (среднее содержание, мг/кг): Li (10,91), Be (0,47), V (25,4), Cr (14,02), Mn (131,23), Co (5,49), Ni (11,22), Cu (14,58), Zn (24,82), Rb (16,87), Sr (135,53), Zr (20,80), Mo (0,16), Ag (0,22), Cd (0,11), Sn (1,51), Sb (13,75), Ba (246,81). Содержание таких тяжелых металлов, как кадмия, меди, никеля, свинца и цинка не превышает предельно допустимые значения для

кислых почв. Высокое содержание Mn, Sr и Ba в почве, судя по всему, связано с увеличением их подвижности в кислой среде. Коэффициент вариации для Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Ba больше 100%, что указывает на их неравномерное распределение по содержанию.

Таким образом, вследствие долговременного засоления аллювиальные почвы долины р. Ленва преобразовались в аллювиальные солончаковые. Солончаковость почв проявляется в условиях киллой среды и промывного водного режима, что указывает на техногенный характер засоления. Отмечено повышенное содержание некоторых микроэлементов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ, проект № 2019-0858.

Литература

1. Khayrulina E, Maksimovich N Influence of Drainage with High Levels of Water-Soluble Salts on the Environment in the Verkhnekamskoe Potash Deposit, Russia // Mine Water and the Environment. 2018. № 37 (3). P. 595–603.
2. Еремченко О.З., Митракова Н.В., Шестаков И.Е. Природно-техногенная организация почвенного покрова территории воздействия солеотвалов и шламохранилищ в Соликамско-Березниковском экономическом районе // Вестник Пермского университета. Серия Биология. 2017. Вып. 3. С. 311–320.
3. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.

Formation of saline technogenic soils in the zone of influence of potash enterprises

N. Mitrakova, E. Khayrulina

The study was conducted on the territory of the Verkhnekamskoe potash deposit in the valley of the Lena River. Verkhnekamsk potash production led to the accumulation of a large amount of waste. These wastes are mainly presented by brines, clay-saline sludge and solid halite waste. Na-Cl drainage water contaminates groundwater. As a result of salinization of groundwater, a significant transformation of soils has occurred around the area of extraction of potash salts and in river valleys.