

13. Lvovich M. I., Chernogaeva G. M. Izmenenie vodnogo balansa territorii pod vliyaniem urbanizatsii [Change in the water balance of the territory under the influence of urbanization]. *Problemy gidrologii* [Problems of Hydrology], Moscow, Izvestiya AN SSSR Publ., 1978, pp. 43–52.

14. Lvovich M. I., Chernyshev Ye. P. Zakonomernosti vodnogo balansa i veshchestvennogo obmena v usloviyakh goroda [Regularities of water balance and material exchange in city conditions]. *Izvestiya AN SSSR, seriya geograf.* [Proceedings of the USSR Academy of Sciences, Series of Geographical], 1983, no. 3, pp. 23–29.

15. Petelko A. I., Panov V. I. Kharakteristika poverkhnostnogo stoka talykh vod s raznykh ugodiy za 50 let [Characteristics of the surface runoff of meltwater from different lands in 50 years]. *Vestnik APK Stavropolya* [Bulletin of the Agrarian and Industrial Complex of Stavropol], 2014, no. 4 (16), pp. 155–162.

16. SNiP 2.04.03-85. Sewerage. External networks and facilities. Ministry of Construction of Russia. Moscow, GUP TsPP Publ., 1996.

17. Subbotin A. I. *Stok talykh i dozhdevykh vod (po eksperimentalnym dannym)* [The flow of melted and rainwater (according to experimental data)], Moscow, Gidrometeoizdat Publ., 1966. 376 p.

18. Subbotin A. I., Dygalo V. S. *Eksperimentalnye gidrologicheskie issledovaniya v bassejne reki Moskvy* [Experimental hydrological studies in the Moscow River basin], Moscow, Gidrometeoizdat Publ., 1991. 264 p.

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ ТАТАРСТАНА

Александрова Асель Биляловна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, 420087, Российская Федерация, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Даурская, 28, e-mail: adabl@mail.ru

Иванов Дмитрий Владимирович, кандидат биологических наук, заместитель директора по научной работе, Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, 420087, Российская Федерация, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Даурская, 28, e-mail: water-
rf@mail.ru

Валиев Всеволод Сергеевич, старший научный сотрудник, Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, 420087, Российская Федерация, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Даурская, 28, e-mail: podrost@mail.ru

Маланин Виталий Викторович, научный сотрудник, Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, 420087, Российская Федерация, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Даурская, 28, e-mail: wizzle13@mail.ru

Хасанов Рустам Равилевич, младший научный сотрудник, Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, 420087, Российская Федерация, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Даурская, 28, e-mail: rustamkhasanov88@gmail.ru

Марасов Антон Александрович, младший научный сотрудник, Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, 420087, Российская Федерация, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Даурская, 28, e-mail: owltrawolta@yandex.ru

В статье приводятся результаты изучения физико-химических свойств и содержания тяжелых металлов (Cd, Pb, Co, Cu, Ni, Zn, Cr, Mn, Fe) в дерново-подзолистых и серых лесных почвах бассейна р. Казанка (Республика Татарстан). Установлено, что реакция среды дерново-подзолистых и серых лесных почв бассейна варьирует от слабокислой в

естественных условиях до нейтральной в пахотных аналогах. Содержание гумуса характерно для соответствующих типов почв и варьирует от 2,5 до 3,5 % в дерново-подзолистых и от 2,0 до 9,7 % в серых лесных почвах. Накопление металлов в почвах бассейна находится в тесной зависимости от их литологической основы. Обнаружена положительная корреляционная связь между валовым содержанием Pb, Co, Cu, Ni, Zn, Cr и долей физической глины (< 0,01 мм). Установлено, что среднее содержание валовых и подвижных форм металлов (за исключением Zn и Mn в дерново-подзолистых почвах) не превышает региональных нормативов их фонового содержания в почвах Республики Татарстан. Построены ряды биогеохимической активности изученных металлов в дерново-подзолистых и серых лесных почвах. Полученные данные дополняют информацию о вариациях содержания металлов в зональных почвах бассейнов крупных рек и их притоков европейской территории России.

Ключевые слова: бассейн р. Казанка, дерново-подзолистые почвы, серые лесные почвы, физико-химические свойства, тяжелые металлы, подвижность в почвах, региональные нормативы

HEAVY METALS IN SOILS OF RIVER BASINS OF TATARSTAN

Aleksandrova Asel B., C.Sc. in Biology, Senior Researcher, Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28 Dayrskaya st., Kazan, Republic of Tatarstan, 420087, Russian Federation, e-mail: adabl@mail.ru

Ivanov Dmitriy V., C.Sc. in Biology, Deputy Director for Scientific Work, Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28 Dayrskaya st., Kazan, Republic of Tatarstan, 420087, Russian Federation, e-mail: water-rf@mail.ru

Valiev Vsevolod S., Senior Researcher, Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28 Dayrskaya st., Kazan, Republic of Tatarstan, 420087, Russian Federation, e-mail: podrost@mail.ru

Malanin Vitaliy V., Researcher, Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28 Dayrskaya st., Kazan, Republic of Tatarstan, 420087, Russian Federation, e-mail: wizzle13@mail.ru

Khasanov Rustam R., Junior Researcher, Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28 Dayrskaya st., Kazan, Republic of Tatarstan, 420087, Russian Federation, e-mail: rustamkhasanov88@gmail.ru

Marasov Anton A., Junior Researcher, Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28 Dayrskaya st., Kazan, Republic of Tatarstan, 420087, Russian Federation, e-mail: owltrawlta@yandex.ru

The results of the study of physicochemical properties and the content of heavy metals (Cd, Pb, Co, Cu, Ni, Zn, Cr, Mn, Fe) in sod podzolic and gray forest soils of the Kazanka river (Republic of Tatarstan) basin are given in the article. It has been established that the reaction of the medium of sod-podzolic and gray forest soils of the basin varies from slightly acidic in natural conditions to neutral in arable analogues. The humus content is typical for the corresponding soil types and varies from 2,5 to 3,5 % in sod podzolic soils and from 2,0 to 9,7 % in gray forest soils. The accumulation of metals in the soils of the basin is closely dependent on their lithological basis. A positive correlation was found between the gross content of Pb, Co, Cu, Ni, Zn, Cr and the proportion of physical clay (< 0,01 mm). It is established that the average content of gross and mobile forms of metals (with the exception of Zn and Mn in sod-podzolic soils) does not exceed the regional standards for their background content in the soils of the Republic of Tatarstan. Series of biogeochemical activity of the studied metals in sod-podzolic and gray forest soils have

been constructed. The obtained data supplement information on variations in the metal content in zonal soils of the basins of large rivers and their tributaries in the European territory of Russia.

Keywords: basin of the Kazanka River, sod-podzolic soils, gray forest soils, physicochemical characteristics, heavy metals, mobility in soils, regional standards

Почва – связующее геохимическое звено биологического и геологического круговоротов. Незаменимая роль почвы как фильтра, участвующего в замедлении выноса химических веществ за пределы ландшафта и в переводе поверхностного стока воды во внутрпочвенный сток, а также в зарождении или угасании процессов водной эрозии. Все это, в конечном итоге, сказывается на качестве поверхностных вод, подчеркивается многими авторами [1, 14, 23].

Одним из показателей экологического состояния ландшафтов и интегральных критериев в оценке антропогенной трансформации почв является содержание в них тяжелых металлов (ТМ) [2, 31, 38]. Существует широкий спектр работ по изучению почвенного покрова на уровне речных бассейнов, включающих оценку пространственного распределения в них ТМ [15, 18, 19, 28, 30, 32, 37, 39]. Такой подход вполне оправдан, поскольку позволяет количественно оценить миграционные потоки элементов в сопряженных ландшафтах речных долин.

В Республике Татарстан (РТ) большое внимание уделяется изучению физико-химических и биогеохимических свойств зональных естественных и пахотных почв [4, 5, 7, 25], в т.ч. почв пойм малых рек [40], а также редких и исчезающих почв [3, 17]. Проводятся исследования закономерностей пространственных вариаций и геохимической оценке содержания ТМ в почвах фоновых и урбанизированных территорий [6, 20, 36]. Работ по выявлению характера пространственного распределения ТМ в почвах бассейна р. Казанка ранее не проводилось, что и послужило основой для постановки цели данного исследования.

Объекты и методы. Объектом изучения были дерново-подзолистые и светло-серые и серые лесные почвы бассейна р. Казанка – левого притока р. Волга и одной из главных рек Предкамья РТ (рис.). Площадь её бассейна составляет 2626 км², длина реки – 240 км [27].

Бассейн р. Казанка располагается в пределах четырех муниципальных районов республики (Арсского, Атнинского, Высокогорского, Балтасинского), на территории которых сложился сложный и многоотраслевой водохозяйственный комплекс и расположены предприятия сельскохозяйственного профиля. Несмотря на то, что р. Казанка является памятником природы регионального значения [13], применяемые меры охраны не устраняют риск высокой антропогенной нагрузки как непосредственно на акваторию, так и на территорию её водосборного бассейна.

Согласно ландшафтному районированию РТ [26], бассейн Казанки приурочен к Казанскому возвышенному району с Приуральскими сосново-еловыми и широколиственно-еловыми неморальнотравяными и широколиственными лесами (с липой и дубом) бореальной ландшафтной зоны, подтажной ландшафтной подзоны. Поверхность ландшафтной зоны имеет общий уклон с севера на юг, около 2/3 площади составляют склоны крутизной до 4°. Почвообразующими породами являются элювиальные и делювиальные суглинки и древнеаллювиальные отложения. Почвенный покров представлен светло-серыми лесными (60 %), дерново-подзолистыми (25 %), серыми лесными (5 %), аллювиальными (9 %) и дерново-карбонатными (1 %) почвами (рис.).

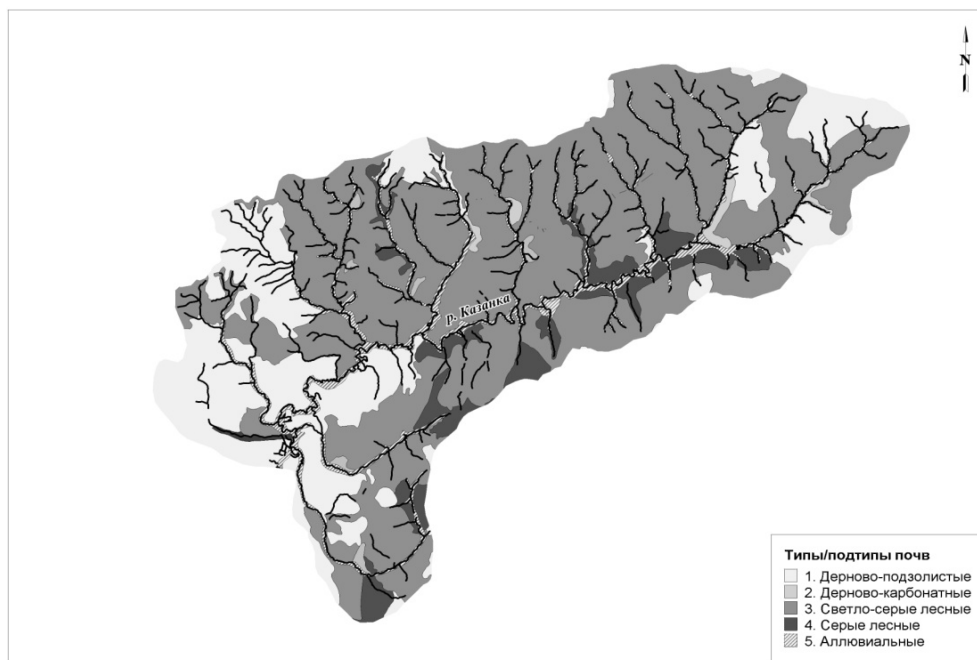


Рис. Почвенная карта бассейна р. Казанка

В пределах бассейна р. Казанка в ходе полевых исследований было заложено 33 почвенных разреза, охватывающих земли сельскохозяйственного назначения и лесного фонда. Описание почв выполнено по классификации 1977 г. [24]. В естественных почвах образцы почв отбирались по генетическим горизонтам, в пахотных – смешанные пробы методом конверта из горизонта $A_{\text{пах}}$ с глубины 0–20 см. В образцах определяли гранулометрический состав по ГОСТ 12536–2014 [10], рН водной вытяжки по ГОСТ 26423–85 [12], содержание гумуса по ГОСТ 26213–91 [11], содержание валовых (вытяжка 5н HNO_3) (РД 52.18.191–89) [33] и подвижных (ацетатно-аммонийный буфер, рН 4.8) (РД 52.18.289–90) [34] форм Cd, Pb, Co, Cu, Ni, Zn, Cr, Mn, Fe. Выбор указанных экстрагентов обусловлен их применением региональными природоохранными службами при мониторинге и экологическом контроле качества почв в РТ, а также установленными для этих форм региональными нормативами качества почв по содержанию ТМ [35]. Концентрацию ТМ в растворе определяли атомно-абсорбционным методом в пламени ацетилен-воздух на приборе Perkin Elmer AAnalyst 400. Полученные количественные данные были обработаны с использованием программ Microsoft Excel 2007 и Statistica 6.0. Поскольку сравнение средних величин изученных свойств светло-серых и серых лесных почв по t-критерию Стьюдента не выявило статистически значимых различий, то оба подтипа для последующего сравнительного анализа данных были объединены в общую выборку.

Результаты. Дерново-подзолистые почвы бассейна р. Казанка характеризуются преимущественно легкосуглинистым мелкопесчано-крупнопылеватым гранулометрическим составом (табл. 1). Следует отметить высокую вариабельность в них фракций физического песка, которая объясняется наличием представителей, формирующихся на легких почвообразующих отложениях, а также почв сельскохозяйственного назначения, в верхний горизонт

которых припахивается переходный горизонт A1A2 или подзолистый горизонт A2 легкого гранулометрического состава. Реакция среды дерново-подзолистых почв варьирует от слабокислой, которая характерна для естественных почв под лесом, до нейтральной. Содержание гумуса невысокое (2,5–3,5 %), что типично для дерново-подзолистых почв южной тайги [3].

Таблица 1

**Статистические параметры варьирования некоторых свойств
гумусовых горизонтов почв бассейна р. Казанка (M+m)**

| Свойства | | Дерново-подзолистые почвы (n = 10) | Серые лесные почвы (n = 23) |
|-------------------------------|----------------|------------------------------------|-----------------------------|
| рН | | 5,8 \pm 0,1 | 6,4 \pm 0,1 |
| Гумус, % | | 3,1 \pm 0,5 | 3,8 \pm 0,4 |
| Гранулометрические фракции, % | 1–0,25 мм | 6,0 \pm 2,9 | 0,8 \pm 0,1 |
| | 0,25–0,05 мм | 24,3 \pm 4,2 | 23,8 \pm 0,1 |
| | 0,05–0,01 мм | 39,7 \pm 4,7 | 35,5 \pm 2,6 |
| | 0,01–0,005 мм | 10,3 \pm 1,0 | 10,6 \pm 0,6 |
| | 0,005–0,001 мм | 11,0 \pm 1,0 | 12,7 \pm 0,5 |
| | < 0,001 мм | 8,7 \pm 1,4 | 16,7 \pm 1,3 |
| | < 0,01 мм | 30,1 \pm 2,7 | 40,0 \pm 1,3 |

Серые лесные (светло-серые и серые) почвы бассейна, как и всего Предкамья, отличаются от дерново-подзолистых более тяжелым гранулометрическим составом (табл. 1). По содержанию механических частиц их следует отнести к среднесуглинистым разновидностям, в составе которых преобладают фракции мелкого песка и крупной пыли.

Этим почвам свойственна вариация реакции среды верхних горизонтов. В гумусовом горизонте серых лесных почв, развивающихся под лесными фитоценозами, рН не превышает 6 единиц. Нейтральная или даже слабощелочная реакция среды характерна для пахотных серых лесных почв, развивающихся под агрофитоценозами. В определенной мере это связано с широким применением здесь известковых мелиорантов. Содержание гумуса в серых лесных почвах бассейна р. Казанка изменяется в довольно широких пределах: от низкого (2,0 %) до очень высокого (9,7 %). Обедненные гумусом представители данного типа встречаются в основном у пахотных разностей. Почвы, формирующиеся под лесными фитоценозами, напротив, отличаются очень высоким содержанием органического вещества.

Анализ валового содержания ТМ в дерново-подзолистых и серых лесных почвах бассейна р. Казанка показал, что оно колеблется в широких пределах (табл. 2). Коэффициенты вариации по отдельным металлам имеют значения 45–55 %. Отмечены превышения региональных нормативов фонового содержания [35] валовых форм Cd в 1,6 раза (10 % проб) и Co в 1,6–2,0 раза (40 % проб) в дерново-подзолистых почвах, а также Co в 1,6 раза (10 % проб) в серых лесных почвах. При этом средние концентрации ТМ не превышали установленных региональных нормативов валового содержания, а по подвижным формам несущественные превышения были отмечены только по цинку и марганцу. Все это объясняется высокой подвижностью этих биофильных элементов при низких значениях рН среды (табл. 2).

Таблица 2

Статистические параметры варьирования валовых и подвижных форм ТМ
в гумусовом горизонте почв бассейна р. Казанка, мг/кг

| ТМ | Дерново-подзолистые почвы (n = 10) | | Серые лесные почвы (n = 23) | |
|------------------------|------------------------------------|-------|-----------------------------|-------|
| | M+m | Фон* | M+m | Фон* |
| Валовые формы | | | | |
| Cd | 0,45±0,06 | 0,5 | 0,37±0,03 | 0,50 |
| Pb | 11,7±0,8 | 12,0 | 10,1±0,6 | 12,0 |
| Co | 10,2±1,4 | 8,0 | 12,3±0,5 | 12,0 |
| Cu | 12,3±1,4 | 14,0 | 14,1±0,6 | 22,0 |
| Ni | 20,4±2,8 | 25,0 | 28,0±1,5 | 45,0 |
| Zn | 39,3±2,0 | 40,0 | 35,8±1,5 | 50,0 |
| Cr | 18,5±3,6 | 22,0 | 24,7±1,9 | 32,0 |
| Mn | 623,4±43,7 | 570,0 | 560,5±20,1 | 720,0 |
| Fe | 14176,7±1958,4 | – | 20097,1±192,7 | – |
| Подвижные формы | | | | |
| Cd | 0,13±0,02 | 0,10 | 0,07±0,01 | 0,10 |
| Pb | 1,10±0,11 | 2,00 | 0,90±0,17 | 1,00 |
| Co | 0,08±0,03 | 0,10 | 0,12±0,02 | 0,10 |
| Cu | 0,19±0,04 | 0,40 | 0,18±0,01 | 0,20 |
| Ni | 0,96±0,27 | 1,00 | 0,64±0,09 | 1,00 |
| Zn | 3,61±0,97 | 2,50 | 1,12±0,15 | 1,00 |
| Cr | 0,25±0,07 | 0,60 | 0,18±0,02 | 0,30 |
| Mn | 88,0±43,3 | 55,0 | 22,6±5,1 | 45,0 |
| Fe | 18,9±4,8 | – | 11,8±2,1 | – |

Примечание. * Региональные нормативы «Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах Республики Татарстан» (2015) [35].

Минимальное содержание валовых форм элементов выявлено в супесчаных почвах, максимальное – в средне- и тяжелосуглинистых разновидностях. В целом наблюдается общая тенденция увеличения содержания ТМ в почвах более тяжелого гранулометрического состава. Известно, что почвы наследуют содержащиеся в них химические элементы от почвообразующих пород. Гранулометрический и минералогический состав материнских пород во многом определяют уровень содержания в почвах металлов [21, 29]. В подтверждение вышесказанного нами были получены положительные корреляционные связи ($p < 0,05$) между валовым содержанием Pb (0,45), Co (0,61), Cu (0,43), Ni (0,74), Zn (0,55), Cr (0,8) и содержанием частиц физической глины ($< 0,01$ мм).

Содержание подвижных форм металлов в дерново-подзолистых и серых лесных почвах по ряду элементов существенно различается, что подтверждается статистически. Так, в дерново-подзолистых почвах среднее содержание подвижных форм Cd, Zn, Mn, извлекаемых ацетатно-аммонийным буфером, в два и более раз выше, чем в серых лесных.

Поскольку дерново-подзолистые почвы характеризуются меньшей гумусированностью и более легким гранулометрическим составом по сравнению с серыми лесными, в их гумусовых горизонтах создаются благоприятные условия для выноса элементов вниз по почвенному профилю. Кислая реакция среды дерново-подзолистых почв также способствует увеличению подвижности металлов. Развитие обоих типов почв в условиях периодически промывного водного режима обуславливают отсутствие между ними значимых различий в содержании подвижных форм Pb, Co, Cu, Ni, Cr, Fe.

Существенным образом конкретизирует и дополняет картину абсолютно-го содержания ТМ информация о степени их подвижности в почвах, представляющей собой процентное отношение содержания подвижных форм к валовым. Она показывает геохимическую активность присутствующих в почве соединений ТМ, т.е. их потенциальную способность мигрировать в растения и сопредельные с почвой среды: в грунтовые, подземные, поверхностные воды и донные отложения.

Максимальной подвижностью из всех изученных элементов отличается Cd (табл. 3). Как в естественных, так и в агроландшафтах отмечены почвы с высокой (35–50 %) степенью подвижности, составляющие около 30 % всей выборки.

Таблица 3

**Степень подвижности ТМ в дерново-подзолистых (Пд)
и серых лесных (Л) почвах бассейна р. Казанка, %**

| | Cd | Pb | Co | Cu | Ni | Zn | Cr | Mn | Fe |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Пд | 30,0 | 9,5 | 0,5 | 1,5 | 3,2 | 7,3 | 1,5 | 6,9 | 0,11 |
| Л | 19,0 | 7,0 | 0,8 | 1,2 | 1,9 | 2,8 | 0,8 | 2,4 | 0,04 |

Наиболее важные факторы, контролирующие подвижность ионов Cd □ реакция среды и окислительно-восстановительные условия почв. Кадмий подвижен в кислых средах, в диапазоне рН 4,5–5,5 [22], чем и объясняется его большая подвижность в дерново-подзолистых почвах, в отличие от серых лесных.

Второе место, после Cd, по величине подвижности занимает Mn. Это объясняется один из наиболее распространенных микроэлементов в почвах. Сложное химическое поведение Mn в почвах приводит к образованию большого числа оксидов и гидроксидов, которые способны окисляться и восстанавливаться в изменчивых условиях почвенной среды [8].

Цинк и никель по степени подвижности уступают марганцу. Поскольку Zn, Ni, а также Co могут проявлять себя как мангалофилы – элементы, способные закрепляться на фазах-носителях, представленных в почве оксидами и силикатами Mn [8], это существенно образом сказывается на степени подвижности данных металлов в зоне гипергенеза.

Считается, что Cu □ относительно малоподвижный элемент в почвах. Ионы меди способны прочно удерживаться органическими и неорганическими соединениями, а водорастворимые соединения, представленные солями Cu²⁺, в большей степени присутствуют в восстановительных условиях [22, 16]. Этим и объясняется относительно низкая, по сравнению с Zn и Ni, степень подвижности Cu в дерново-подзолистых и серых лесных почвах бассейна.

Минимальными значениями подвижности в почвах обладает железо. В почвах оно встречается в виде гидроокислов, окислов, простых солей и ферро-органических комплексных соединений. Гидроокислы – малоподвижные соединения, подвижность которых увеличивается только в сильноокислой среде (Рн < 3) [21]. Учитывая тот факт, что потеря железа из гидроксидов наиболее интенсивно происходит в переувлажненных почвах [9], то в зональных почвах, развивающихся в аэробных условиях, количество растворенного железа будет составлять незначительную часть его общего содержания.

Таким образом, по степени подвижности можно построить следующие убывающие ряды ТМ в почвах бассейна р. Казанка: для дерново-подзолистых почв Cd > Mn > Pb > Zn > Ni > Cr > Cu > Co > Fe, для серых лесных – Cd > Pb > Mn > Zn > Ni > Cu > Co > Cr > Fe.

Заключение. Содержание валовых форм ТМ в дерново-подзолистых и серых лесных почвах бассейна р. Казанка характеризуется высокими показателями вариабельности и имеет тенденцию к увеличению в почвах более тяжелого гранулометрического состава. Средние уровни валовых и большинства подвижных форм металлов в исследуемых почвах находятся в пределах регионального фона, а наблюдаемые отклонения связаны с местными геохимическими особенностями почвообразования.

Абсолютное содержание и показатели подвижности форм Cd, Zn, Mn в дерново-подзолистых почвах существенно выше, чем в серых лесных почвах бассейна. Все это обусловлено их более легким гранулометрическим составом, низкой гумусированностью и кислой реакцией среды. При этом по остальным металлам достоверных различий между зональными типами почв бассейна установить не удалось, что может быть связано с общностью физико-химических свойств сравниваемых почв, обуславливающих геохимическую подвижность исследуемого спектра элементов.

Список литературы

1. Авессаломова И. А. Биогеохимия ландшафтов / И. А. Авессаломова. – Москва : Географический факультет МГУ, 2007. – 162 с.
2. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство. – Москва : ФГНУ Росинформагротех, 2005. – 784 с.
3. Александрова А. Б. Красная книга почв Республики Татарстан / А. Б. Александрова, Н. А. Бережная, Б. Р. Григорьян, Д. В. Иванов, В. И. Кулагина / Под ред. Д. В. Иванова. – 1-е изд. – Казань : Фолиант, 2012. – 192 с.
4. Александрова А. Б. Современное состояние почв и почвенной мезофауны природного заказника «Голубые озера» Республики Татарстан / А. Б. Александрова, Т. А. Гордиенко, Д. Н. Вавилов, В. С. Валиев, Д. В. Иванов, Э. Х. Рупова // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. – 2016. – Т. 15, №1. – С. 101–116.
5. Александрова А. Б. Микроэлементный состав почв и структурная организация сообществ мезофауны в заказнике ландшафтного типа / А. Б. Александрова, Т. А. Гордиенко, Д. Н. Вавилов, В. С. Валиев, Д. В. Иванов // Известия Самарского научного центра РАН. – 2015. – Т. 17, № 6–1. – С. 278–284.
6. Александрова А. Б. Фоновое содержание тяжелых металлов в серых лесных почвах Республики Татарстан / А. Б. Александрова, Д. В. Иванов, В. И. Кулагина, Б. Р. Григорьян, В. В. Маланин // Эколого-географические проблемы регионов России : материалы V Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 85-летию естественно-географического факультета ПГСГА. – Самара : ПГСГА, 2014. – С. 44–50.
7. Валеева А. А. Серые лесные почвы Республики Татарстан / А. А. Валеева, А. Б. Александрова, Г. Ф. Копосов // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2011. – Т. 153, кн. 2. – С. 239–249.
8. Водяницкий Ю. Н. Сродство ТМ и металлоидов к фазам-носителям в почвах / Ю. Н. Водяницкий // Агрохимия. – 2008. – № 9. – С. 87–94.
9. Водяницкий Ю. Н. Химия и минералогия почвенного железа / Ю. Н. Водяницкий. – Москва : Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2002. – 236 с.
10. ГОСТ 12536–2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. – Введен 2015–07–01. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 26 с.
11. ГОСТ 26213–91. Почвы. Методы определения органического вещества. – Введен 1993–07–01. – Москва : Издательство стандартов, 1992. – 9 с.
12. ГОСТ 26423–85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. – Введения 1986–01–01. – Москва : Стандартинформ, 2011. – 6 с.
13. Государственный реестр особо охраняемых природных территорий в Республике Татарстан. – 2-е изд. – Казань : Идел-Пресс, 2007. – 408 с.

14. Добровольский Г. В. Структурно-функциональная роль почв и почвенной биоты в биосфере / Г. В. Добровольский, И. П. Бабьева, Л. Г. Богатырев, А. С. Владыченский, В. Д. Васильевская. – Москва : Наука, 2003. – 364 с.
15. Ергина Е. И. Почвы бассейна реки Ангара / Е. И. Ергина, З. В. Тимченко // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология. – 2016. – Т. 2 (68), № 2. – С. 86–94.
16. Зырин Н. Г. Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах / Н. Г. Зырин, Л. К. Садовникова. – Москва : МГУ, 1985. – 208 с.
17. Иванов Д. В. Редкие и исчезающие почвы Республики Татарстан / Д. В. Иванов, А. Б. Александрова, Б. Р. Григорьян, В. И. Кулагина // Георесурсы. – 2011. – № 5 (41). – С. 9–13.
18. Иванова А. З. Микроэлементы в основных типах почв бассейна реки Алазея (Северная Якутия) / А. З. Иванова, Р. В. Десяткин // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны : тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции. – Москва – Белгород : Белгород, 2016. – С. 289–290.
19. Иванова А. З. Почвы долинного комплекса устья реки Яны / А. З. Иванова, Р. В. Десяткин // Наука и образование. – 2017. – № 2. – С. 91–98.
20. Иванов Д. В. Региональные фоновые концентрации загрязняющих веществ в системе мониторинга окружающей среды в Республике Татарстан / Д. В. Иванов // Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды. Основные результаты и пути развития : тезисы докладов Всероссийской научной конференции. – Москва : ИГКЭ Росгидромета и РАН, 2017. – С. 538–539.
21. Ильин В. Б. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области / В. Б. Ильин, А. И. Сысо. – Новосибирск : СО РАН, 2001. – 229 с.
22. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – Москва : Мир, 1989. – 439 с.
23. Карпачевский Л. О. Экологическое почвоведение / Л. О. Карпачевский. – Москва : Геос, 2005. – 336 с.
24. Классификация и диагностика почв СССР. – Москва : Колос, 1977. – 223 с.
25. Копосов Г. Ф. Черноземы Республики Татарстан / Г. Ф. Копосов, Н. Б. Бакиров. – Казань : КГУ, 2004 – 108 с.
26. Ермолаев О. П. Ландшафты республики Татарстан. Ландшафты Республики Татарстан: региональный ландшафтно-экологический анализ / О. П. Ермолаев, М. Е. Игонин, А. Ю. Бубнов, С. В. Павлова ; под ред. О. П. Ермолаева. – Казань : Слово, 2007. – 410 с.
27. Мозжерин В. И. Река Казанка и ее бассейн / В. И. Мозжерин, О. П. Ермолаев, В. В. Мозжерин. – Казань : Orange key, 2012. – 280 с.
28. Московиченко Д. Ю. Биогеохимические особенности почв реки Мессояха (Тазовский район Ямало-Ненецкого автономного округа) / Д. Ю. Московиченко // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. – 2016. – Т. 2, № 2. – С. 8–21.
29. Мотузова Г. В. Соединения микроэлементов в почвах: Системная организация, экологическое значение, мониторинг / Г. В. Мотузова. – Москва : Либроком, 2013. – 168 с.
30. Оконешникова М. В. Современное состояние и прогноз изменений почв долины Средней Лены (Центральная Якутия) / М. В. Оконешникова // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2013. – № 3 (23). – С. 7–18.
31. Оценка экологического состояния почвенно-земельных ресурсов и окружающей природной среды Московской области. – Москва : МГУ, 2000. – 221 с.
32. Пузанов А. В. Микроэлементы в основных компонентах ландшафта Гыданского полуострова / А. В. Пузанов, А. Н. Романов, А. В. Салтыков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 12 (146). – С. 60–64.
33. РД 52.18.191–89. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. – Введен 1991–01–01. – Москва, 1990. – 32 с.
34. РД 52.18.289–90. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. – Введен 1991–06–01. – Москва, 1990.
35. Региональные нормативы «Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах Республики Татарстан» : приказ Министерства экологии и природных ресурсов РТ № 1134-к от 30.12.2015 // ГАРАНТ.РУ. – Режим доступа: http://base.garant.ru/22541830/#block_100, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.

36. Рязанов С. С. Содержание и подвижность кадмия, кобальта и цинка в гумусовых горизонтах почв Республики Татарстан / С. С. Рязанов, Д. В. Иванов, В. И. Кулагина, И. А. Сахабиев // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2017. – № 4 (40). – С. 6–24.
37. Тигеев А. А. Особенности почвенного покрова бассейна реки Хыльмигъяха (Надым-Пуровское междуречье) / А. А. Тигеев // Вестник Тюменского государственного университета. Науки и Земле. – 2014. – № 4. – С. 39–48.
38. Трифонова Т. А. Использование информационно-аналитической системы в почвенно-экологических исследованиях / Т. А. Трифонова, Н. В. Мищенко, Д. А. Будаков // Почвоведение. – 2007. – № 1. – С. 23–30.
39. Уманский А. С. Почвенный покров экосистем бассейна реки Деймы : автореф. дисс. ... канд. биол. наук / А. С. Уманский. –Калининград, 2010. – 24 с.
40. Фаткуллин А. Ш. Почвы пойм малых рек Татарии / А. Ш. Фаткуллин. – Казань : КГУ, 1968. – 204 с.

References

1. Avessalomova I. A. *Biogeokhimiya landshaftov* [Biogeochemistry of landscapes], Moscow, Geography Department of Moscow State University Publ. House, 2007. 162 p.
2. *Agroekologicheskaya otsenka zemel, proektirovanie adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya i agrotekhnologii* [Agroecological assessment of lands, design of adaptive-landscape systems of agriculture and agro-technologies], Moscow, FGNU Rosinformagrotekh Publ., 2005. 784 p.
3. Aleksandrova A. B., Berezhnaya N. A., Grigoryan B. R., Ivanov D. V., Kulagina V. I. *Krasnaya kniga pochv Respubliki Tatarstan* [Red Book of Soils of the Republic of Tatarstan]. 1st ed. Kazan, Foliant Publ., 2012. 192 p.
4. Aleksandrova A. B., Gordienko T. A., Vavilov D. N., Valiev V. S., Ivanov D. V., Rupova E. Kh. *Sovremennoe sostoyanie pochv i pochvennoy mezofauny prirodnogo zakaznika «Golubye ozera» Respubliki Tatarstan* [Current state of soils and soil mesofauna of the natural reserve "Blue Lakes" of the Republic of Tatarstan]. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya: Yestestvennye nauki* [Proceedings of the Kazan University. Series: Natural Sciences], 2016, vol. 158, no. 1, pp. 101–116.
5. Aleksandrova A. B., Gordienko T. A., Vavilov D. N., Valiev V. S., Ivanov D. V. *Mikroelementnyy sostav pochv i strukturnaya organizatsiya soobshchestv mezofauny v zakaznike landshaftnogo tipa* [Microelement composition of soils and structural organization of mesofauna communities in a landscape reserve]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2015, vol. 17, no. 6–1, pp. 278–284.
6. Aleksandrova A. B., Ivanov D. V., Kulagina V. I., Grigoryan B. R., Malanin V. V. *Fonovoe sodержanie tyazhelykh metallov v serykh lesnykh pochvakh Respubliki Tatarstan* [The background content of heavy metals in gray forest soils of the Republic of Tatarstan]. *Ekologo-geograficheskie problemy regionov Rossii : materialy V Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 85-letiyu estestvenno-geograficheskogo fakulteta PGSGA* [Ecological and geographical Problems of Russian Regions. Proceedings of the V All-Russian Scientific and Practical Conference, dedicated to the 85th anniversary of the Faculty of Natural and Geographical Sciences of PGSGA], Samara, PGSGA Publ. House, 2014, pp. 44–50.
7. Valeeva A. A., Aleksandrova A. B., Kuposov G. F. *Serye lesnye pochvy Respubliki Tatarstan* [Gray forest soils of the Republic of Tatarstan]. *Uchen. zap. Kazan. un-ta. Ser. Yestestv. nauki* [Proceedings of Kazan University. Ser. Natural Sciences], 2011, vol. 153, book 2, pp. 239–249.
8. Vodyanitskiy Yu. N. *Srodstvo TM i metalloïdov k fazam-nositelyam v pochvakh* [Affinity of HM and metalloïds to carrier phases in soils]. *Agrokhimiya* [Agrochemistry], 2008, no. 9, pp. 87–94.
9. Vodyanitskiy Yu. N. *Khimiya i mineralogiya pochvennogo zheleza* [Chemistry and Mineralogy of Soil Fe], Moscow, Soil Science Institute named V.V. Dokuchaeva of the RAAS Publ. House, 2002. 236 p.
10. GOST 12536–2014. Soils. Methods of laboratory determination of granulometric (grain) and microaggregate composition. Introduced 2015–07–01. Moscow, Standartinform Publ., 2015. 26 p.
11. GOST 26213–91. Soil. Methods for the determination of organic matter. Introduced on the 1993–07–01. Moscow, Izdatelstvo standartov Publ., 1992. 9 p.
12. GOST 26423–85. Soil. Methods for determining the specific electrical conductivity, pH and dense residue of aqueous extract. Introduction 1986–01–01. Moscow, Standartinform Publ., 2011. 6 p.
13. *Gosudarstvennyy reestr osobo okhranyaemykh prirodnykh territoriy v Respublike Tatarstan* [State Register of Specially Protected Natural Territories in the Republic of Tatarstan]. 2nd ed. Kazan, Idel-Press Publ., 2007. 408 p.

14. Dobrovolskiy G. V., Babieva I. P., Bogatyrev L. G., Vladychenskiy A. S., Vasilyevskaya V. D. *Strukturno-funktsionalnaya rol pochv i pochvennoy bioty v biosfere* [Structural and functional role of soils and soil biota in the biosphere], Moscow, Nauka Publ., 2003. 364 p.
15. Yergina Ye. I., Timchenko Z. V. Pochvy basseyna reki Angara [Soils of the Angara river basin]. *Uchenye zapiski Krymskogo federalnogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya* [Proceedings of Crimean Federal University. Geography. Geology], 2016, vol. 2 (68), no. 2, pp. 86–94.
16. Zyrin N. G., Sadovnikova L. K. *Khimiya tyazhelykh metallov, myshyaka i molibdena v pochvakh* [Chemistry of heavy metals, arsenic and molybdenum in soils], Moscow, MSU Publ. House, 1985. 208 p.
17. Ivanov D. V., Aleksandrova A. B., Grigoryan B. R., Kulagina V. I. Redkie i ischezayushchie pochvy Respubliki Tatarstan [Rare and endangered Soils of the Republic of Tatarstan]. *Georesursy* [Georesources], 2011, no. 5 (41), pp. 9–13.
18. Ivanova A. Z., Desyatkin R. V. Mikroelementy v osnovnykh tipakh pochv basseyna reki Alazeya (Severnaya Yakutiya) [Microelements in the main types of soils in the Alazeya River basin (Northern Yakutia)]. *Pochvovedenie – prodovolstvennoy i ekologicheskoy bezopasnosti strany / Tezisy dokladov VII sezda Obshchestva pochvovedov im. V.V. Dokuchaeva i Vserossiyskoy s mezhnatsionarnym uchastiem nauchnoy konferentsii* [Soil Science – Food and Environmental Safety of the Country. Proceedings of the VII Congress of the Soil Science Society of the name of V.V. Dokuchaev and All-Russian Scientific Conference], Moscow, Belgorod: Publishing house "Belgorod", 2016. - P. 289-290.
19. Ivanova A. Z. Soils of the valley complex of the estuary of the Yana River / A. Z. Ivanova, R. V. Desyatkin // *Science and Education*. - 2017. - №2. - P. 91-98.
20. Ivanov D. V. Regional background concentrations of pollutants in the environmental monitoring system of the Republic of Tatarstan / D. V. Ivanov // *Monitoring of the state and pollution of the environment. Main results and ways of development / Abstracts of the All-Russian Scientific Conference*. [Electronic resource] Moscow: FGBU "IGKE Rosgidromet and RAS", 2017. P.538-539.
21. Ilyin V. B. Microelements and heavy metals in soils and plants of the Novosibirsk Region / V. B. Ilyin, A. I. Syso. - Novosibirsk: Publishing house of the SB RAS, 2001. - 229 p.
22. Kabata-Pendias A. Microelements in soils and plants / A. Kabata-Pendias, H. Pendias. - Moscow: Mir, 1989. – 439 p.
23. Karpachevsky L. O. Ecological soil science / L. O. Karpachevsky. - Moscow: Geos, 2005. – 336 p.
24. Classification and diagnostics of soils in the USSR. - Moscow: Kolos, 1977. – 223 p.
25. Koposov G. F. Chernozems of the Republic of Tatarstan / G. F. Koposov, N. B. Bakirov. - Kazan, KSU Publishing House, 2004 - 108 p.
26. Ermolaev, O. P. Landscapes of the Republic of Tatarstan. Landscapes of the Republic of Tatarstan: regional landscape-ecological analysis / O. P. Ermolaev., M. E. Igonin, A. Y. Bubnov, S. V. Pavlova / Edited by. O. P. Ermolaev. - Kazan: The Word, 2007. – 410 p.
27. Mozzherin V. I. The Kazanka river and its basin / V. I. Mozzherin, O. P. Ermolaev, V. V. Mozzherin. - Kazan: Orange key, 2012. - 280 p.
28. Moskovichchenko D. Y. Biogeochemical features of the soils of the Messoyakha River (Tazovsky District of the Yamal-Nenets Autonomous District) / D. Y. Moskovichchenko // *Bulletin of the Tyumen State University. Ecology and nature management*. 2016. T. 2, No. 2. - P. 8-21.
29. Motuzova G. V. Connections of microelements in soils: System organization, ecological significance, monitoring / G. V. Motuzova. - Moscow: Book House Librocom, 2013. – 168 p.
30. Okoneshnikova M. V. Current state and forecast of soil changes in the Middle Lena Valley (Central Yakutia) / M. V. Okoneshnikova // *Bulletin of Tomsk State University. Biology*. - 2013. - No. 3 (23). – P. 7-18.
31. Assessment of the ecological status of soil and land resources and the environment of the Moscow Region. - Moscow: Publisher MGU, 2000. – 221 p.
32. Puzanov A. V. Microelements in the main components of the landscape of the Gydan peninsula / A. V. Puzanov, A. N. Romanov, A. V. Saltykov // *The Altai State Agrarian University bulletin*. - 2016. - No. 12 (146). - P. 60-64.
33. RD 52.18.191-89. Methodical instructions. Method for performing measurements of the mass fraction of acid-soluble forms of metals (copper, lead, zinc, nickel, cadmium) in soil samples by atomic absorption analysis.
34. RD 52.18.289-90. Methodical instructions. Method for performing measurements of the mass fraction of mobile forms of metals (copper, lead, zinc, nickel, cadmium, cobalt, chromium, manganese) in soil samples by atomic absorption analysis.

35. Regional standards "Background content of heavy metals in the soils of the Republic of Tatarstan". Order of the Ministry of Ecology and Natural Resources of the RT of December 30, 2015 №1134-k.
36. Ryazanov S. S. The content and mobility of cadmium, cobalt and zinc in the humus horizons of the soils of the Republic of Tatarstan / S. S. Ryazanov, D. V. Ivanov, V. I. Kulagina, I. A. Sakhabiev // Bulletin of the Tomsk State University university. Biology. - 2017. - No. 4 (40). - P. 6-24.
37. Tigeev, A. A. Peculiarities of the soil cover of the Khilmigyakha river basin (Nadym-Purov interfluve) / A. A. Tigeev // Bulletin of the Tyumen State University. Science and Earth. - 2014. - №4. - P. 39-48.
38. Trifonova, T. A. Use of the Information-Analytical System in Soil-Ecological Studies, T. A. Trifonova, N. V. Mishchenko, D. A. Budakov, Journal of Soil Science. - 2007. - №1. - P. 23-30.
39. Umansky A. S. Soil cover of the ecosystems of the Deima River Basin / A. S. Umansky / Abstract of the thesis of Candidate of Biological Sciences, 2010. – 24 p.
40. Fatkullin A. S. Soils of the floodplain of the small rivers of Tataria / A. S. Fatkullin. - Kazan: Publishing House of KSU, 1968. – 204 p.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЛГО-УРАЛЬСКИХ ПЕСКОВ ПРИ ТЕХНОГЕННЫХ НАГРУЗКАХ

Лапаева Ирина Владимировна, кандидат биологических наук, ведущий инженер, Инженерно-технический центр ООО «Газпром добыча Астрахань», 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Савушкина, 6, e-mail: irinalapaeva@rambler.ru

Андрианов Владимир Александрович доктор географических наук, профессор, Астраханский государственный университет, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: andrianov_v.a@mail.ru

Чивилева Дарья Евгеньевна начальник отдела, Инженерно-технический центр ООО «Газпром добыча Астрахань» 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Савушкина, 6, e-mail: dchivileva@mail.ru

Дойников Роман Александрович инженер I категории, Инженерно-технический центр ООО «Газпром добыча Астрахань» 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Савушкина, 6, e-mail: roman990@inbox.ru

Один из наиболее мощных видов техногенеза – разработка и эксплуатация углеводородных месторождений. В районе Волго-Уральских песков находится несколько газоконденсатных месторождений, самое крупное из которых - Астраханское. Эксплуатация месторождений ведет к формированию особых техногенных ландшафтно-геохимических систем, где происходит, как правило, рассеяние больших масс веществ с высоким содержанием элементов, которые, негативно воздействуют на природные системы. В аридных условиях пустыни воздействие на экосистемы осложняется лимитирующими факторами для живых организмов - недостатком влаги и бедностью почв. В работе рассмотрены геохимические особенности почв Астраханского песчаного массива в условиях длительной эксплуатации Астраханского газоконденсатного месторождения (с 2010 по 2017 г.), показана динамика накопления в почве таких микроэлементов - загрязнителей, как Cd, Pb, Cu, Zn, Ni, Hg. Авторами построены ранжированные ряды тяжелых металлов и рассмотрена возможная корреляция суммарного накопления микроэлементов в почвах с генеративной способностью мелко дерновинного злака *Anisanta tectorum* (L) Nevski.

Ключевые слова: почва, окружающая среда, Астраханский газовый комплекс, мониторинг, газоконденсатное месторождение, почвенный покров, тяжелые металлы, качество семян