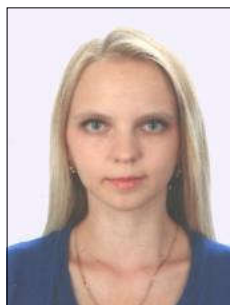


УДК 550.4:631.4:504.5:665.6.013(571.1/.6)(574.25)
DOI: 10.21209/2227-9245-2018-24-4-67-75

**ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ И ПОЧВОГРУНТАХ
В ОКРЕСТНОСТЯХ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДОВ
(НА ПРИМЕРЕ г. ОМСК, АЧИНСК, ПАВЛОДАР)**

**CHEMICAL ELEMENTS IN SOILS IN THE VICINITY OF OIL REFINERIES
(CASE STUDY OMSK, ACHINSK, PAVLODAR)**



Т. С. Шахова,
Национальный
исследовательский Томский
политехнический
университет, г. Томск
tatyanaags29@yandex.ru

T. Shakhova,
National Research Tomsk
Polytechnic University, Tomsk



Е. Г. Язиков,
Национальный
исследовательский Томский
политехнический
университет, г. Томск
tatyanaags29@yandex.ru

E. Yazikov,
National Research Tomsk
Polytechnic University, Tomsk



А. В. Таловская,
Национальный
исследовательский Томский
политехнический
университет, г. Томск
tatyanaags29@yandex.ru

A. Talovskaya,
National Research Tomsk
Polytechnic University, Tomsk

Отмечено, что нефтеперерабатывающая промышленность является одним из интенсивных источников непрерывного поступления различных загрязнителей в окружающую среду. Хорошо изучено почвенное загрязнение органическими компонентами в районах размещения объектов нефтепереработки, о количественном содержании различных химических элементов информации недостаточно. Дана оценка уровня загрязнения почв и почвогрунтов химическими элементами в зоне воздействия нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) г. Омск, Ачинск, Павлодар. Содержание 27 химических элементов определялось инструментальным нейтронно-активационным анализом. Геохимическая специализация почв относительно кларков земной коры (по Н. А. Григорьеву, 2009) выражена в окрестности Омского НПЗ — $Hg_{11} > Br_{10} > Au_6 > Cr_2$; в окрестностях Ачинского НПЗ — $Br_{20} > Au_7$; в окрестности Павлодарского НПЗ — $Hg_{24} > Au_4$. Суммарный показатель загрязнения почв составляет 27 единиц — в окрестности Омского НПЗ, 28 единиц — в окрестности Ачинского НПЗ, 27 — в окрестности Павлодарского НПЗ, что соответствует среднему уровню загрязнения. Геохимическая специализация почв относительно кларков земной коры (по А. А. Бесу, 1981) изменяется в наборе элементов и приобретает формулы в окрестности Омского НПЗ — $Br_8 > Au_{7,9} > Cr_5 > Sb_{3,8} > As_3 > Hg_{2,7} > Hf_{1,8} > Co_{1,8} > Zn_{1,6}$; в окрестностях Ачинского НПЗ — $Br_{15} > Au_{10} > Sb_4 > As_4 > Cr_3 > Co_{2,5} > Zn_{1,7} > Hf_{1,7}$; в окрестности Павлодарского НПЗ — $Au_5 > Hg_{4,3} > Sb_4 > As_3 > Cr_{1,8}$. Суммарный показатель загрязнения почв также меняет показатели в окрестности Ачинского НПЗ — 35 единиц, что соответствует высокому уровню загрязнения, в окрестности Павлодарского НПЗ — 13 (низкий уровень загрязнения). Факторами поступления мышьяка, сурьмы, хрома и ртути, вероятно, могут быть различные операции на объектах нефтеперерабатывающих заводов

Ключевые слова: нефтеперерабатывающий завод; химические элементы; инструментальный нейтронно-активационный анализ; кларки земной коры; почвенный покров; геохимическая специализация; мышьяк; сурьма; хром; уровень загрязнения

Oil refining industry is one of the significant industrial sources of pollutants in the environment. Soil polluted by organic components is well studied in the impacted areas of oil refinery plants. However, information about element concentration in soil is insufficient within these areas. This study presents the assessment of soil pollution level by chemical elements in the impacted areas of oil refineries in the city of Omsk, Achinsk and Pavlodar. The total concentration of 27 chemical elements in soil was determined by an instrumental neutron-activation analysis. Geochemical specialization of soils with respect to clarkes of the earth's crust (according to N. A. Grigoriev, 2009) is expressed in the impacted area of Omsk refinery plant as $Hg_{11} > Br_{10} > Au_6 > Cr_2$; Achinsk refinery plant — $Br_{20} > Au_7$; Pavlodar refinery plant — $Hg_{24} > Au_4$. The total soil contamination index is 27 units in the impacted area of Omsk refinery plant, 28 — Achinsk refinery plant and 13 — Pavlodar refinery plant, which all corresponds to moderately hazardous pollution level. The geochemical specialization of soils relative to clarkes in the earth's crust (according to A. A. Besu, 1981) changes in a set of elements and acquires formulas in the impacted area of Omsk refinery plant as $Br_8 > Au_{7.9} > Cr_3 > Sb_{3.8} > As_3 > Hg_{2.7} > Hf_{1.8} > Co_{1.8} > Zn_{1.6}$; Achinsk refinery plant — $Br_{15} > Au_{10} > Sb_4 > As_4 > Cr_3 > Co_{2.5} > Zn_{1.7} > Hf_{1.7}$; Pavlodar refinery plant — $Au_5 > Hg_{4.3} > Sb_4 > As_3 > Cr_{1.8}$. The total soil contamination index also changes the indicators in the impacted area of Achinsk refinery plant 35 units, which corresponds to hazardous level pollution and in the vicinity Pavlodar refinery plant — 13 (allowable level). The factors of arsenic, antimony, chromium and mercury release may be various operations on objects of oil refineries

Key words: oil refinery plant; chemical elements; instrumental neutron-activation analysis; clarkes Earth's crust; soil, geochemical specialization; arsenic; antimony; chromium; pollution level

Введение. В эпоху развития современной промышленности нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) стали неотъемлемой частью инфраструктуры городов и их окрестностей. Однако вместе с тем возникает опасность загрязнения различными компонентами природной среды и риск для здоровья населения. Так, множество исследований доказывает влияние работы нефтеперерабатывающих предприятий на исход беременности и высокий риск рождения недоношенных младенцев на Тайване [22; 15]. Российские и зарубежные ученые, обеспокоенные здоровьем детского населения, на котором отражается воздействие нефтеперерабатывающих заводов, утверждают, что увеличилась частота заболеваний астмой, дыхательных путей [16; 10]. Последние исследования показывают, что воздействие высоких концентраций полиароматических углеводородов (ПАУ) в почвах в окрестностях нефтеперерабатывающего завода может привести к повышению риска развития раковых заболеваний для жителей, близко проживающих к НПЗ [18]. Поэтому активно развиваются исследования, связанные с установлением загрязняющих веществ и их количественным содержанием в различных компонентах природной среды в окрестностях НПЗ. Достаточно изучен блок с загрязнением

органическими компонентами (нефтепродуктами, бенз(а)пиреном и др.) в районах расположения НПЗ [6; 8; 13], тогда как сопутствующие макро- и микроэлементы, поступление которых также может происходить от источников объектов нефтепереработки, исследованы не так широко [5; 7; 17]. Тем не менее необходимо учитывать и вклад поступления химических элементов в окружающую среду от нефтеперерабатывающей промышленности, особенно в таких средах, как воздух и почва. Именно состояние атмосферного бассейна играет большую роль в формировании здоровья населения. Почва является важным природным компонентом, способным отражать состояние окружающей среды, в частности, атмосферы. Почва является источником поступления в атмосферу пылевых частиц, содержащих микроэлементы.

На территории Западной Сибири нефтяная отрасль представлена предприятиями от добычи до переработки. Один из крупнейших нефтеперерабатывающих заводов расположен в г. Омск. Он характеризуется большой мощностью (20 млн т в год) и набором современных технологических установок. Омский НПЗ располагается достаточно близко к жилой застройке (2...3 км) и сельскохозяйственным районам. Менее мощный нефтеперерабатываю-

ший завод (6 млн т в год) находится в 17 км от г. Ачинск и в 3...5 км от ближайших населенных пунктов. На территории Павлодарской области (Республика Казахстан) располагается нефтеперерабатывающий завод, ориентированный на переработку западно-сибирской нефти. Он находится в 9 км от города и в 3...4 км от ближайшего населенного пункта. Общественное внимание привлекли возможные последствия загрязнения природных сред, расположенных вблизи этих районов. В окрестностях территорий, указанных выше НПЗ, не проводились детальные исследования с определением концентраций химических элементов в почвах.

Цель исследования — установить уровень содержания химических элементов в почвах и почвогрунтах в окрестностях нефтеперерабатывающих заводов и оценить степень загрязнения.

Объекты исследования — территории окрестностей нефтеперерабатывающих заводов в г. Омск, Ачинск, Павлодар. *Предмет исследования* — почвы и почвогрунты в окрестностях исследуемых заводов.

Методика и методы исследования. Работы по отбору проб и пробоподготовки почв проводились согласно принятым методикам (Методические рекомендации ..., 1981; Методические рекомендации..., ИМГРЭ, 1982). Пункты отбора проб почв и почвогрунтов выбраны с учетом ландшафтных особенностей, преобладающих ветров и городской и промышленной застройки на изучаемых территориях. Пункты опробования располагались в каждом направлении от границ предприятий по векторной сети. Пробы почвенного покрова отбирались в августе-сентябре 2016 г. Всего отобрано 59 проб почв и почвогрунтов: 24 — в окрестностях Омского НПЗ, 25 — в окрестностях Ачинского НПЗ, 10 — в окрестностях Павлодарского НПЗ. Пробы почвенного покрова отбирались из поверхностного слоя 0...10 см пластмассовой лопаткой методом конверта. Объединенная проба формировалась путем смешивания точечных проб, масса которой составляла 1 кг (ГОСТ 17.4.3.01-83). Пробам присва-

ивался номер, дата отбора, кратко описывалось место взятия пробы, рельеф местности, тип почвы. Образцы почв упаковывались в полиэтиленовые и матерчатые мешочки. Далее пробы готовились к аналитическим исследованиям: просушивание при комнатной температуре, удаление крупных посторонних частичек, измельчение (истирание), просеивание (размер ячейки сита — 1 мм).

Для количественного определения химических элементов (валового содержания) в пробах почв и почвогрунтов использовался инструментальный нейтронно-активационный анализ, реализация которого происходила в ядерно-геохимической лаборатории на базе исследовательского ядерного реактора Томского политехнического университета (ТПУ). Данный метод является высокочувствительным и не требует дополнительной пробоподготовки проб (разложение кислотами), что повышает уровень точности. Содержание ртути измеряли методом атомной абсорбции анализатором ртути РА-915+ с приставкой ПИРО-915- в лаборатории микроэлементного анализа МИНОЦ «Урановая геология» на базе ТПУ. Для оценки накопления и рассеяния химических элементов в пробах почв и почвогрунтов сравнивали фактическое содержание химических элементов с кларками элементов в земной коре (по Н. А. Григорьеву, 2009 [2]), кларк Вг использовался по К. Х. Ведеполу, 1995 [20], кларки элементов земной коры — по более ранним данным А. А. Беуса, 1981 [1]). Рассчитывали коэффициент концентраций (K_k) и коэффициент рассеивания (K_p) (1), (2)

$$K_k = C/C_k, \quad (1)$$

$$K_p = C_k/C, \quad (2)$$

где C — фактическое содержание химического элемента в пробе почв, мг/кг;

C_k — кларк элемента в земной коре.

Также для оценки степени загрязнения почв и почвогрунтов химическими элементами рассчитывали суммарный показатель загрязнения (3)

$$Z_c = \sum K_k - (n-1), \quad (3)$$

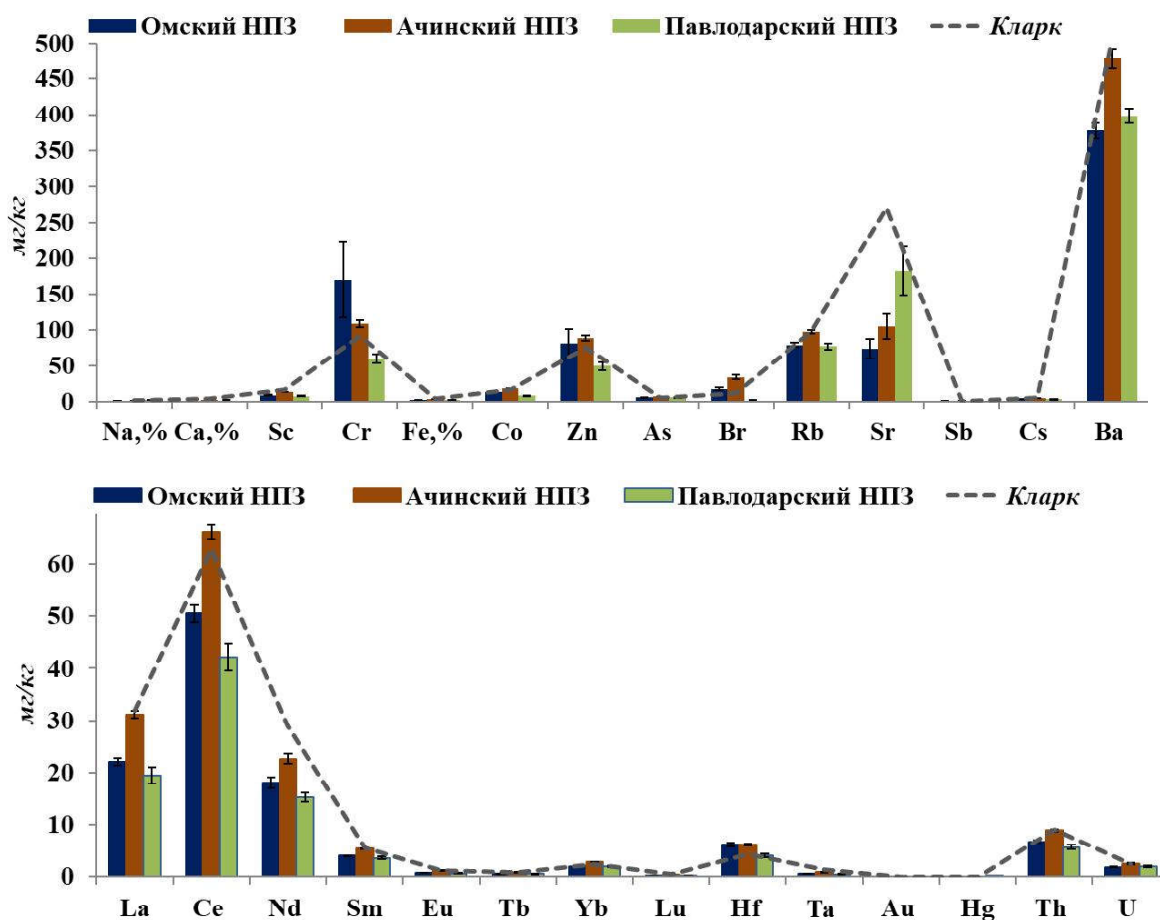
где n – количество элементов, с $K_k > 1,5$,
 $Z_c < 16$ – слабый уровень загрязнения;

$16 < Z_c < 32$ – средний уровень;

$Z_c > 32$ – высокий уровень загрязнения
 (Методические рекомендации / Н. С. Касимов [и др.]. 2012).

Результаты исследования и их об- суждение. Анализ полученных данных показал, что уровень содержания большинства химических элементов в почвах и почвогрунтах в окрестностях Омского,

Ачинского и Павлодарского НПЗ не превышает кларковые значения, за исключением некоторых элементов, что представлено на рисунке. В окрестностях Омского НПЗ почвогрунты характеризуются повышенным содержанием Cr с $K_k = 2$, Br с $K_k = 10$, Au с $K_k = 6$, Hg с $K_k = 11$. Почвы из окрестностей Ачинского НПЗ характеризуются высоким содержанием брома с $K_k = 20$, золота с $K_k = 7$. В окрестности Павлодарского НПЗ в почвах отмечается повышенное содержание относительно кларков земной коры золота с $K_k = 4$ и ртути с $K_k = 24$.



Среднее содержание химических элементов в почвах и почвогрунтах в окрестностях Омского, Ачинского и Павлодарского НПЗ и кларки элементов в земной коре [2] / Average content of chemical elements in soils in the vicinity of Omsk, Achinsk and Pavlodar oil refinery plant and Clarke elements of the Earth's crust [2]

Таким образом, геохимическая специализация почв и почвогрунтов в окрестностях исследуемых НПЗ выражена формулами, представленными в табл. 1 (в

числителе концентрирующиеся элементы с $K_k > 1,5$, в знаменателе – рассеивающиеся элементы с $K_k > 1,5$).

Таблица 1 / Table 1

Геохимическая специализация почв и почвогрунтов в окрестностях Омского, Ачинского и Павлодарского НПЗ (относительно кларков Н. А. Григорьева, 2009 [2]) / Geochemical features of soil in the vicinity of the Omsk, Achinsk and Pavlodar oil refinery plants (with respect to clarke of N. A. Grigoriev, 2009 [2])

Район исследования / Study area	Формула геохимической специализации / Formula of geochemical specialization
Омский НПЗ / Omsk Oil Refinery	$\frac{\text{Hg}_{11} \text{Br}_{10} \text{Au}_6 \text{Cr}_2}{\text{Sr}_4 \text{Ca}_3 \text{Na}_{2,3} \text{Ta}_{2,2} \text{Sc}_{1,8} \text{Fe}_{1,7} \text{Cs}_{1,6} \text{Eu}_{1,6}}$
Ачинский НПЗ / Achinsk Refinery	$\frac{\text{Br}_{20} \text{Au}_7}{\text{Sr}_3 \text{Ca}_{2,4} \text{Na}_{2,3} \text{Ta}_{1,5}}$
Павлодарский НПЗ / Pavlodar refinery	$\frac{\text{Hg}_{24} \text{Au}_4}{\text{Br}_{10} \text{Ca}_{2,7} \text{Ta}_{2,5} \text{Sc}_{2,1} \text{Co}_{2,1} \text{Cs}_2 \text{Nd}_{1,9} \text{Fe}_{1,8} \text{Eu}_{1,8} \text{Lu}_{1,7} \text{Th}_{1,6} \text{La}_{1,6}}$

Из табл. 1 видно, что значения коэффициента рассеивания K_p (в знаменателе) у большинства элементов невысокие ($K_p < 3$). Можно сделать вывод, что элементы имеют околочларковые содержания. Однако почвогрунты из окрестностей Омского НПЗ обеднены Sr и Ca (в 3...4 раза), почвы из окрестностей Ачинского НПЗ – Sr (в 3 раза), почвы из окрестностей Павлодарского НПЗ обеднены Br (в 10 раз), Ca (в 3 раза). Выделяются концентрирующиеся элементы ($1,5 < K_k < 10$) (Br, Au, Cr) в почвогрунтах в районе расположения Ом-

ского НПЗ, (Au) – в почвах и почвогрунтах Ачинского и Павлодарского НПЗ; сильно концентрирующиеся ($K_k > 10$) (Hg) в почвогрунтах в районе размещения Омского и Павлодарского НПЗ, (Br) – в почвах в районе расположения Омского и Ачинского НПЗ.

При использовании кларков по А. А. Беусу (1981) формула геохимической специализации несколько преобразовывается (в числителе концентрирующиеся элементы с $K_k > 1,5$, в знаменателе – рассеивающиеся элементы с $K_p > 1,5$) (табл. 2).

Таблица 2 / Table 2

Геохимическая специализация почв и почвогрунтов в окрестностях Омского, Ачинского и Павлодарского НПЗ (относительно кларков А. А. Беуса, 1981 [1]) / Geochemical features of soil in the vicinity of the Omsk, Achinsk and Pavlodar oil refinery plants (with respect to clarke A. A. Beus, 1981 [1])

Район исследования / Study area	Формула геохимической специализации / Formula of geochemical specialization
Омский НПЗ / Omsk Oil Refinery	$\frac{\text{Br}_8 \text{Au}_{7,9} \text{Cr}_5 \text{Sb}_{3,8} \text{As}_3 \text{Hg}_{2,7} \text{Hf}_{1,8} \text{Co}_{1,8} \text{Zn}_{1,6}}{\text{Lu}_{3,5} \text{Ta}_{3,2} \text{Sr}_{3,1} \text{Na}_{2,5} \text{Rb}_{2,3} \text{Sm}_{2,2} \text{La}_{2,1} \text{Th}_2 \text{Ba}_{1,8} \text{Nd}_{1,8} \text{Yb}_{1,7} \text{Eu}_{1,7} \text{Ce}_{1,7} \text{Ca}_{1,7}}$
Ачинский НПЗ / Achinsk Refinery	$\frac{\text{Br}_{15} \text{Au}_{10} \text{Sb}_4 \text{As}_4 \text{Cr}_3 \text{Co}_{2,5} \text{Zn}_{1,7} \text{Hf}_{1,7}}{\text{Lu}_{2,6} \text{Na}_{2,5} \text{Ta}_{2,3} \text{Sr}_{2,2} \text{Rb}_{1,8} \text{Sm}_{1,6} \text{Th}_{1,6}}$
Павлодарский НПЗ / Pavlodar refinery	$\frac{\text{Au}_5 \text{Hg}_{4,3} \text{Sb}_4 \text{As}_3 \text{Cr}_{1,8}}{\text{Lu}_4 \text{Ta}_{3,7} \text{Th}_{2,4} \text{Tb}_{2,4} \text{Sm}_{2,4} \text{La}_{2,4} \text{Rb}_{2,3} \text{Br}_2 \text{Nd}_2 \text{Eu}_{1,9} \text{Ce}_{1,9} \text{Ba}_{1,7} \text{Yb}_{1,7} \text{Ca}_{1,8} \text{Fe}_{1,6}}$

При сравнении средних содержания элементов в почвах и почвогрунтах изучаемых территорий с кларками по А. А. Беусу (1981) выделено больше элементов, концентрирующихся в почвах. К концентрирующимся элементам (Br, Au, Cr) в почвогрунтах в окрестностях Омского НПЗ добавляются элементы Sb, As, Hf, Co, Zn, а Hg переходит в класс концентрирующихся элементов. Сильно концентрирующихся ($K_k > 10$) элементов не установлено. В почвах в окрестностях Ачинского НПЗ к концентрирующимся элементам (Au) добавляются элементы Sb, As, Cr, Co, Zn, Hf ($1,5 < K_k < 10$), Br также относится к сильно концентрирующимся элементам. В почвогрунтах в окрестности Павлодарского НПЗ к концентрирующимся элементам (Au) добавляются элементы Sb, As, Cr ($1,5 < K_k < 10$) и Hg. Сильно концентрирующихся не выявлено.

На выявленные высокие содержания Cr, Sb, As, Hg в почвах и почвогрунтах в окрестностях всех исследуемых НПЗ, а также Br, Co, Zn в почвогрунтах в окрестности Омского и Ачинского НПЗ относительно кларков в земной коре может влиять техногенный фактор. Для промышленных зон характерно накопление таких элементов, как Cr, Sb, As, Hg, Co, Zn, в почвах и твердых частицах [3; 11]. Средние содержания Co (12; 19; 10 мг/кг) и Zn (66; 86; 61 мг/кг) в почвах в окрестностях Омского, Ачинского и Павлодарского НПЗ соответственно в целом согласуются с данными по их уровню содержания в почвообразующих породах (Co – 11 мг/кг, Zn – 62 мг/кг) и почвах (Co – 13 мг/кг, Zn – 73 мг/кг) [9]. Такие элементы, как As, Sb, Cr, могут поступать от объектов нефтепереработки. Известно, что для очистки сероводородных отходящих газов на различных НПЗ часто используется мышьяково-содовый способ [4], возможно поэтому происходит непреднамеренный выброс мышьяка (As). В исследованиях, проведенных в Китае и Италии, также приводятся данные по повышенным значениям в почвах As и Cr, а также ряда других тяжелых металлов в районах расположения нефтеперерабатывающих заводов

[14; 17]. В то же время среднее содержание мышьяка (As) в почвах в окрестностях исследуемых заводов (6...8 мг/кг) немного ниже его содержания в почвообразующих породах (10 мг/кг) и почвах (13 мг/кг) Западной Сибири, а содержание хрома в почвах в районах расположения Омского (120 мг/кг) и Ачинского НПЗ (106) выше его уровня содержания в почвообразующих породах (79 мг/кг) и почвах (84 мг/кг) Западной Сибири [9]. Антропогенным источником поступления Sb могут служить печи по выработке тепла и энергии (сжигания топлива), обеспечивающие энергией все производственные процессы на нефтеперерабатывающих заводах, а также на объектах ТЭЦ [19], работающих на угле в окрестностях Омского и Павлодарского НПЗ. Источниками поступления Hg могут быть неорганизованные выбросы и газовые факела при первичных производственных процессах на НПЗ [21], высокотемпературные операции на НПЗ [21] и рядом работающие ТЭЦ [12] (в районах расположения Омского и Ачинского НПЗ).

Выявленные геохимические данные почвенного покрова позволяют провести общую оценку состояния почв и почвогрунтов на изучаемых территориях по суммарному показателю загрязнения почв. Значения СПЗ почв, рассчитанные с K_k по Н. А. Григорьеву, составляют в районе расположения Омского НПЗ – 27 единиц, Ачинского НПЗ – 28, Павлодарского НПЗ – 27 единиц. Все значения СПЗ соответствуют средней степени загрязнения ($16 < Z_c < 32$) согласно градации (Методические рекомендации / Н. С. Касимов [и др.]. 2012).

Полученные показатели СПЗ почв, рассчитанные с K_k по А. А. Беусу (1981), имеют другие значения, за исключением значения СПЗ почв для района Омского НПЗ. В окрестности Ачинского НПЗ значение СПЗ выросло и составило 35 единиц, что соответствует высокому уровню загрязнения почв химическими элементами ($32 < Z_c < 64$). В то время как в районе расположения Павлодарского НПЗ суммарный показатель загрязнения почв

составляет 13 единиц и относится к территориям с низким уровнем загрязнения химическими элементами ($Z_c < 16$). Таким образом, говорить о возможном возникновении опасности от загрязнения почвенного покрова на изучаемых территориях для здоровья населения, проживающих в близлежащих населенных пунктах, следует только на основе более детальных исследований на данных территориях, но потенциальная опасность всегда сохраняется в условиях постоянного поступления химических элементов в почвы и их постепенного накопления в ней.

Выводы. Впервые определено количественное содержание химических элементов в почвах и почвогрунтах в районах расположения Омского, Ачинского и Павлодарского нефтеперерабатывающих предприятий.

Выделены группы элементов с различной степенью аккумуляции (относительно кларков земной коры по Н. А. Григорьеву, 2009) в почвах и почвогрунтах исследуемых территорий (нижние индексы — K_k):

$Hg_{11} > Br_{10} > Au_6 > Cr_2$ в окрестностях Омского НПЗ; $Br_{20} > Au_7$ — в окрестностях Ачинского НПЗ; $Hg_{24} > Au_4$ — в окрестности Павлодарского НПЗ. Более широкий набор элементов, накапливающихся в почвах и почвогрунтах исследуемых территорий, выделяется относительно кларков земной коры по А. А. Беусу (1981): $Br_8 > Au_{7,9} > Cr_5 > Sb_{3,8} > As_3 > Hg_{2,7} > Hf_{1,8} > Co_{1,8} > Zn_{1,6}$ — в окрестностях Омского НПЗ; $Br_{15} > Au_{10} > Sb_4 > As_4 > Cr_3 > Co_{2,5} > Zn_{1,7} > Hf_{1,7}$ — в окрестностях Ачинского НПЗ; $Au_5 > Hg_{4,3} > Sb_4 > As_3 > Cr_{1,8}$ — в окрестности Павлодарского НПЗ.

По суммарному показателю загрязнения установлен средний уровень загрязнения почв и почвогрунтов химическими элементами на всех исследуемых территориях размещения НПЗ (где приняты значения K_k по Н. А. Григорьеву, 2009). СПЗ почв в окрестности Омского НПЗ соответствует среднему уровню загрязнения, Ачинского НПЗ — высокому уровню загрязнения, Павлодарского НПЗ — низкому уровню загрязнения (где приняты значения K_k по А. А. Беусу, 1981).

Список литературы

1. Беус А. А. Геохимия литосферы. М.: Недра, 1981. 335 с.
2. Григорьев Н. А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 382 с.
3. Касимов Н. С., Власов Д. В., Кошелева Н. Е., Никифорова Е. М. Геохимия ландшафтов Восточной Москвы. М.: АИР, 2016. 276 с.
4. Лагутин В. В. Защита атмосферы на объектах добычи и переработки природного газа, содержащего сероводород // Современные наукоемкие технологии. 2005. № 3. С. 61–62.
5. Околелова А. А., Куницына И. А. Состояние почвенного покрова территории нефтеперерабатывающих заводов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2010. № 3. С. 1–4.
6. Околелова А. А., Мерзлякова А. С., Кожевникова В. П. Содержание нефтепродуктов в почвенном покрове нефтеперерабатывающего предприятия // Научные ведомости. Сер. Естественные науки. 2015. № 3. С. 111–116.
7. Прохорова Н. В., Лобачева А. А. Загрязнение природной среды тяжелыми металлами в зоне влияния нефтеперерабатывающего завода // Антропогенная трансформация природной среды: материалы междунар. конф. Пермь, 2010. С. 153–159.
8. Сазонова О. В., Сучков В. В., Рязанова Т. К., Судакова Т. В., Торопова Н. М., Тушикова Д. С., Сергеев А. К. Качественная и количественная оценка содержания специфических загрязнителей в почве санитарно-защитной зоны нефтеперерабатывающего предприятия // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 4. С. 181–181.
9. Сысо А. И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. Новосибирск: СО РАН, 2007. 227 с.
10. Устинова О. Ю., Аминова А. И., Маклакова О. А., Шур П. З., Кирьянов Д. А. Особенности соматической патологии детей, проживающих на территориях с развитой нефтеперерабатывающей промышленностью // Здоровье населения и среда обитания. 2011. № 11. С. 25–28.

11. Хасанова Р. Ф., Семенова И. Н., Суюндуков Я. Т., Рафикова Ю. С., Биктимерова Г. Я., Ильбулова Г. Р., Кузина Г. Ш., Ильина И. В. Экологическая оценка загрязнения тяжелыми металлами почв промышленных зон города Сибай // Вестник ОГУ. 2017. № 12. С. 74–77.
12. Янин Е. П. Ртуть в окружающей среде промышленного города. М.: ИМГРЭ, 1992. 169 с.
13. Domínguez-Morueco N., Augusto S., Trabalon L. Monitoring PAHs in the petrochemical area of Tarragona County, Spain: comparing passive air samplers with lichen transplants // Environmental Science and Pollution Research. 2017. Т. 24, No. 13. P. 11890–11900.
14. Li J., Ying Lu, Wei Yin, Haihua Gan, Chao Zhang, Hianlian Deng, Jin Lian. Distribution of heavy metals in agricultural soils near a petrochemical complex in Guangzhou, China // Environmental monitoring and assessment. 2009. Т. 153, No. 1. С. 365–375.
15. Lin M. C., Yu H. S., Tsai S. S., Cheng B. H., Hsu T. Y., Wu T. N. Adverse pregnancy outcome in a petrochemical polluted area in Taiwan // Journal of Toxicology and Environmental Health. 2001. Vol. 63. P. 565–574.
16. Montaña-Soto T., Lourdes Garza-Ocañas, Badillo-Castaneda C., Garza-Ulloa H. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient particulate matter PM_{2,5} and 1-hydroxypyrene in children from an area near an oil refinery in Northeast Mexico // Human and Ecological Risk Assessment. 2017. Т. 23, No. 1. P. 125–140.
17. Nadal M., Schuhmacher M., Domingo J. L. Metal pollution of soils and vegetation in an area with petrochemical industry // Science of the total environment. 2004. Т. 321, No. 1–3. P. 59–69.
18. Tarafdar A., Sinha A. Public health risk assessment with bioaccessibility considerations for soil PAHs at oil refinery vicinity areas in India // Science of the Total Environment. 2018. Т. 616. P. 1477–1484.
19. Tian H., Zhao D., Cheng K., Lu L., He M., Hao J. Anthropogenic atmospheric emissions of antimony and its spatial distribution characteristics in China // Environmental science & technology. 2012. Т. 46, No. 7. P. 3973–3980.
20. Wedepohl K. H. The composition of the continental crust // Geochim. Cosmochim. Acta. 1995. Vol. 59. No 7. P. 121–1232.
21. Wilhelm S. M. Estimate of mercury emissions to the atmosphere from petroleum // Environmental Science & Technology. 2001. No. 24. P. 4704–4710.
22. Yang C. Y., Tsai S. S., Cheng B. H., Hsu T. Y., Wu T. N. Sex ratio at birth associated with petrochemical air pollution in Taiwan // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2000. Т. 65. P. 126–131.

References

1. Beus A. A. *Geohimiya litosfery* (Geochemistry of the lithosphere). Moscow: Nedra, 1981. 335 p.
 2. Grigoriev N. A. *Raspredelenie himicheskikh elementov v verkhney chasti kontinentalnoy kory* (Distribution of chemical elements in the upper part of the continental crust). Yekaterinburg: UrO RAN, 2009. 382 p.
 3. Kasimov N. S., Vlasov D. V., Kosheleva N. E., Nikiforova E. M. *Geohimiya landshaftov Vostochnoy Moskvy* (Geochemistry of the landscapes of Eastern Moscow). Moscow: APR, 2016. 276 p.
 4. Lagutin V. V. *Sovremennye naukoemkie tehnologii* (Modern high technology), 2005, no. 3, pp. 61–62.
 5. Okolelova A. A., Kunitsyna I. A. *Izvestiya Nizhnevolszhskogo agrouniversitetskogo kompleksa* (News of the Nizhnevolszhsky agro-university complex), 2010, no. 3, pp. 1–4.
 6. Okolelova A. A., Merzlyakova A. S., Kozhevnikova V. P. *Nauchnye vedomosti. Ser. Estestvennyye nauki* (Scientific bulletins. Ser. Natural Sciences), 2015, no. 3, pp. 111–116.
 7. Prokhorova N. V., Lobacheva A. A. *Antropogennaya transformatsiya prirodnoy sredy: materialy mezhdunar. konf.* (Anthropogenic transformation of the natural environment: materials of the international. Conf.). Perm, 2010. С. 153–159.
 8. Sazonova O. V., Suchkov V. V., Ryazanova T. K., Sudakova T. V., Toropova N. M., Tupikova D. S., Sergeev A. K. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* (Modern problems of science and education), 2017, no. 4, pp. 181–181.
 9. Syso A. I. *Zakonomernosti raspredeleniya himicheskikh elementov v pochvoobrazuyushchih porodah i pochvah Zapadnoy Sibiri* (Regularities of distribution of chemical elements in soil-forming rocks and soils of Western Siberia). Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2007. 227 p.
 10. Ustinova O. Yu., Aminova A. I., Maklakova O. A., Shur P. Z., Kiryanov D. A. *Zdorovie naseleniya i sreda obitaniya* (Health of population and habitat), 2011, no. 11, pp. 25–28.
 11. Khasanova R. F., Semenova I. N., Suyundukov Ya. T., Rafikova Yu. S., Biktimerova G. Ya., Ilbulova G. R., Kuzhina G. Sh., Ilyina I. V. *Vestnik OGU* (Bulletin of the OSU), 2017, no. 12, pp. 74–77.
 12. Yanin E. P. *Rtut v okruzhayushchey srede promyshlennogo goroda* (Mercury in the environment of an industrial city). Moscow: IMGRE, 1992. 169 p.
-

13. Domínguez-Moruco N., Augusto S., Tralalon L. *Environmental Science and Pollution Research* [Environmental Science and Pollution Research], 2017, vol. 24, no. 13, pp. 11890–11900.
14. Li J., Ying Lu, Wei Yin, Haihua Gan, Chao Zhahg, Hianglian Deng, Jin Lian. *Environmental monitoring and assessment* [Environmental monitoring and assessment], 2009, vol. 153, no. 1–4, pp. 365–375.
15. Lin M. C., Yu. H. S., Tsai S. S., Cheng B. H., Hsu T. Y., Wu T. N. *Journal of Toxicology and Environmental Health* [Journal of Toxicology and Environmental Health], 2001, vol. 63, pp. 565–574.
16. Montañó-Soto T., Lourdes Garza-Ocañas, Badillo-Castaneda C., Garza-Ulloa H. *Human and Ecological Risk Assessment* [Human and Ecological Risk Assessment], 2017, vol. 23, no. 1, pp. 125–140.
17. Nadal M., Schuhmacher M., Domingo J. L. *Chemical pollution of the environment and the environment in the field of petrochemical industry* [Chemical pollution of the environment and the environment in the field of petrochemical industry], 2004, P. 321, no. 1–3, pp. 59–69.
18. Tarafdar A., Sinha A. *Science of the Total Environment* [Science of the Total Environment], 2018, pp. 616, pp. 1477–1484.
19. Tian H., Zhao D., Cheng K., Lu L., He M., Hao J. *Environmental science & technology* [Environmental science & technology], 2012, vol. 46, no. 7, pp. 3973–3980.
20. Wedepohl K. H. *Geochim. Cosmochim. Acta* [Geochim. Cosmochim. Acta], 1995, vol. 59, no. 7, pp. 121–1232.
21. Wilhelm S. M. *Environmental Science & Technology* [Environmental Science & Technology], 2001, no. 24, pp. 4704–4710.
22. Yang C. Y., Tsai S. S., Cheng B. H., Hsu T. Y., Wu T. N. [The Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology], 2000, vol. 65, pp. 126–131.

Коротко об авторах

Шахова Татьяна Сергеевна, аспирант, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия. Область научных интересов: геоэкология
tatyana29@yandex.ru

Язиков Егор Григорьевич, д-р геол.-минер. наук, профессор, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия. Область научных интересов: геоэкология, геология
yazikoveg@tpu.ru

Таловская Анна Валерьевна, канд. геол.-минер. наук, доцент, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия. Область научных интересов: геоэкология, геохимия аэрозолей, снегового покрова, экогеохимия
talovskaj@yandex.ru

Briefly about the authors

Tatyana Shakhova, postgraduate, National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia. Sphere of scientific interests: geoecology

Egor Yazikov, doctor of geological and mineralogical sciences, professor, National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia. Sphere of scientific interests: geoecology, geology

Anna Talovskaya, candidate of geological and mineralogical sciences, associate professor, National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia. Sphere of scientific interests: geoecology, geochemistry of aerosols, snow cover, ecogeochemistry

Образец цитирования

Шахова Т. С., Язиков Е. Г., Таловская А. В. *Химические элементы в почвах и почвогрунтах в окрестностях нефтеперерабатывающих заводов (на примере г. Омск, Ачинск, Павлодар) // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2018. Т. 24. № 4. С. 67–75. DOI: 10.21209/2227-9245-2018-24-4-67-75.*

Shakhova T., Yazikov E., Talovskaya A. *Chemical elements in soils in the vicinity of oil refineries (case study Omsk, Achinsk, Pavlodar) // Transbaikalian State University Journal, 2018, vol. 24, no. 4, pp. 67–75. DOI: 10.21209/2227-9245-2018-24-4-67-75.*

Статья поступила в редакцию: 06.04.2018 г.
Статья принята к публикации: 20.04.2018 г.