

03.02.00 – ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

УДК 574.4

DOI 10.24411/2309-4370-2019-11101

Статья поступила в редакцию 17.12.2018

ЭЛЕМЕНТЫ-ИНДИКАТОРЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ В КОМПОНЕНТАХ ПРИЛЕГАЮЩИХ ЭКОСИСТЕМ

© 2019

Барановская Наталья Владимировна, доктор биологических наук,
профессор отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов

Боев Владислав Викторович, аспирант отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов
Национальный исследовательский Томский политехнический университет (г. Томск, Российская Федерация)

Боев Виктор Александрович, кандидат биологических наук, доцент кафедры геоэкологии
Тюменский государственный университет (г. Тюмень, Российская Федерация)

Аннотация. В данной статье рассмотрены различия в концентрировании химических элементов компонентами экосистемы, подверженной воздействию нефтеперерабатывающего завода, относительно территории, принятой за фоновую. Исследование проводилось в районе расположения Антипинского нефтеперерабатывающего завода, в качестве фона рассматривалась территория Тюменского федерального заказника. Изучено изменение элементного состава почвы, подстилки, травостоя, березовых листьев. Исследование осуществлялось инструментальным нейтронно-активационным и атомно-абсорбционным методами анализа. Для всех рассмотренных компонентов экосистем проанализированы закономерности пространственного распределения элементов относительно НПЗ (как по удалению, так и по сторонам света). Изучено изменение ассоциаций химических элементов в техногенных условиях для всех изученных объектов. Проведено сравнение полученных результатов с кларком и литературными данными, на основе чего подтвержден фоновый статус природной территории и выявлено невысокое загрязнение техногенного района. По результатам установлено повышенное содержание многих исследованных химических элементов в верхнем почвенном горизонте. Для большинства из них зафиксировано изменение распределения по профилю. Максимальным накоплением химических элементов в условиях техногенного воздействия характеризуются листья березы. Пространственное распределение загрязнения различно для рассмотренных компонентов, но согласуется с преимущественным направлением ветра. В изученных компонентах техногенной экосистемы обнаружено накопление специфичных для нефтеперерабатывающей промышленности элементов: Br, Sb, La, Tb, Yb, Ce, As, Hg, Zn, Co. Во всех рассмотренных компонентах техногенной экосистемы зафиксировано нарушение корреляционных связей и наличие особых ассоциаций.

Ключевые слова: региональный фоновый уровень; Антипинский НПЗ; Тюменский федеральный заказник; Тюменская область; техногенез компонентов экосистем; элементы-индикаторы; компоненты экосистемы; геохимические индикаторы; выбросы НПЗ; распределение химических элементов в компонентах экосистем; региональная геохимическая специфика.

Введение

Современное состояние биосферы характеризуется увеличением техногенного прессинга. По данным как российских, так и зарубежных ученых техногенная эмиссия отдельных химических элементов сравнима, а порой и выше природной [1]. Результатом техногенеза является изменение химического состава всех компонентов природной среды [2]. Так, в работах Г.В. Добровольского, А. Кабаты-Пендиас, В.Б. Ильина, А.И. Сысо, Г.В. Мотузовой, Е.А. Карповой, а также многих других авторов показаны изменения почвенного покрова под воздействием тех или иных промышленных объектов и, как следствие, реакция растительных сообществ.

На территории юга Сибири из всех техногенных объектов все большую роль играет нефтегазодобывающий комплекс. Деятельность этих промышленных гигантов сопряжена с утечками нефти, сжиганием попутных газов, влиянием изливаемых нефтяных вод и хранением шламов [3]. По загрязнению атмосферы нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промыш-

ленность находятся на 4 месте среди прочих отраслей [4]. Причем по данным для местных НПЗ выбрасывается в атмосферу 0,45% перерабатываемого сырья в сравнении с 0,1% для западных предприятий [5]. Все перечисленные факторы оказывают воздействие на природные территории, меняя их геохимический облик [3; 4; 6 и др.], и на здоровье людей [7–9 и др.].

Исследования, направленные на выявление комплексного воздействия предприятий нефтегазовой переработки, являются актуальными с точки зрения ответной реакции исследуемого сообщества на изменения, происходящие в почве как депонирующей среде. Нами изучены закономерности накопления химических элементов в почвах и растениях.

Большинство исследований такого типа сосредоточено на углеводородах, как основных загрязнителях данной отрасли, и некоторых прочих химических соединениях [10–12 и др.], однако, помимо них, для НПЗ характерны выбросы и многих других веществ. К тому же нефтеперерабатывающие заводы отличаются между собой составом выбросов и их распро-

странением [13–15 и др.]. Ввиду этого актуально более обширное поэлементное исследование выбросов каждого из них.

Цель исследования состоит в выяснении изменений элементного состава компонентов экосистемы, подверженной воздействию нефтеперерабатывающего завода, и выявления элементов-индикаторов данного воздействия.

Объекты исследования представлены почвой, подстилкой, травостоем четвертого яруса лесной растительности и листьями березы повислой (*Betula pendula* Roth) территории расположения Антипинского НПЗ и Тюменского федерального заказника в качестве условного регионального фона.

Материалы и методика исследований

Работы осуществляли в районе расположения Антипинского НПЗ, находящегося на юго-восточной окраине г. Тюмени у поселка Антипино, и у восточной границы Тюменского федерального заказника, расположенного в Нижнетавдинском районе Тюменской области на юго-западе Западно-Сибирской равнины.

Отбор проб на техногенной территории производился в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01–83 [16] по системе концентрических окружностей. Для разрезов был выбран район к югу от НПЗ. На условно-фоновой территории в соответствии с методикой изучения лесных сообществ [17] была выделена прямоугольная пробная площадка в 0,25 га, идентичная по ландшафту территории расположения завода.

Отбор почв производился в основном из прикопок глубиной около 10 см в соответствии с рекомендациями Г.С. и А.Г. Фоминых [18]. К тому же на обеих территориях были созданы разрезы в соответствии с рекомендациями Б.Г. Розанова, Г.С. и А.Г. Фоминых, а также некоторых других авторов [17–19] для анализа почвенного профиля. Подстилку отбирали на местах прикопок (разрезов) перед началом почвенных работ. Травянистые растения собирали методом укоса с площадок 1 м² вблизи прикопок (разрезов). Листья собирали с нескольких берез вблизи прикопок (разрезов).

Все собранные материалы упаковали в полиэтиленовые пакеты и высушили при естественной температуре. Органические пробы подготовили по технологии сухой минерализации в соответствии с ГОСТ 26929–94 [20]. Почву просеяли через 2 мм сито и измельчили с применением виброистирателя.

Изучение химического состава компонентов экосистем осуществляли в ядерно-геохимической лаборатории ТПУ методом инструментального нейтронно-активационного анализа на многоканальном анализаторе импульсов АМА 02Ф с полупроводниковым Ge-Li детектором ДГДК-63А. Содержание Hg исследовали атомно-абсорбционным методом в лаборатории отделения геологии ИШПР ТПУ на РА-915+ с приставкой РП-91С с использованием пакета РП-91С.

Обработка данных осуществлялась с применением компьютерных пакетов программ LibreOffice Calc, Microsoft Excel, Statistica.

Результаты исследований и их обсуждение

Для любого экологического исследования очень важным вопросом является анализ интенсивности воздействия техногенного объекта на окружающую среду. При этом оценка интенсивности наиболее

объективна с применением регионального фона. Нами для проведения анализа воздействия нефтеперерабатывающего предприятия в качестве регионального фона была выбрана территория Тюменского федерального заказника.

Относительная незагрязненность условно-фоновой территории подтверждается при сопоставлении данных о содержании анализируемых элементов в ее почве с кларком почвы и литературными данными для прочих регионов Западной Сибири (табл. 1).

Таблица 1 – Химический состав условно-фоновой почвы в сравнении с кларком почв мира и литературными данными, мг/кг

Элементы	Тюменский федеральный заказник	Кларк [21]	Томская область [22]	Новосибирская область [23]
Na	4736	6300	8700	
Ca	8130	13700	20760	
Sc	2,6	8	8,7	
Cr	135	60	119	60
Fe	6445	38000	23002	17000
Co	5,2	9	12	11
Zn	11	60		63
As	1,2	6	4,5	
Br	0,7	33	19	
Rb	36	70	77	
Sr	75	220	194	202
Ag	<1	0,1	2	
Sb	0,22	0,9	1,2	
Cs	0,67	3	3,1	
Ba	280	500	501	431
La	7,9	40	23	
Ce	15	50	45	
Nd	9,5	33		
Sm	1,4	5	4,8	
Eu	0,22	1	0,84	
Tb	0,14	0,7	0,68	
Yb	1,1	3	2,3	
Lu	0,11	0,35	0,4	
Hf	5,7	7	5,5	
Ta	0,33	1	0,9	
Au	0,0012	0,001	0,025	
Hg	0,0046	0,1		
Th	2,2	6,5	5,7	
U	0,94	1,5	2,3	

При сопоставлении полученных данных для горизонтов условно-фоновой и техногенной почв подтверждено накопление атмосферных выбросов в верхней части профиля (табл. 2). Наибольшее количество элементов с повышенными коэффициентами концентрации зафиксировано в первом горизонте, наибольший суммарный показатель загрязнения – во втором. Ниже оба параметра значительно сокращаются.

С учетом этого весьма специфично смотрится распределение элементов по почвенному разрезу. Так, например, несмотря на то что цинк имеет тенденцию к концентрированию в верхнем горизонте как фоновой, так и почвы территории расположения Антипинского НПЗ, концентрации его в верхнем горизонте зоны влияния промышленного предприятия значимо выше (рис. 1).

Таблица 2 – Геохимические ряды и суммарные показатели загрязнения для горизонтов почв техногенной территории относительно условно-фоновой

A1	Lu_{2,4} > Zn_{1,8} > Na_{1,5} > Sr_{1,5} > Ce_{1,4} > Sm_{1,3} > Eu_{1,1} > Sc_{1,1} > Th_{1,1} > Ta_{1,1} > Fe_{1,1} > Ca_{1,1} > Ba_{1,1} > La₁ > > Cs₁ > Tb₁ > Au₁ > U₁ > Rb_{0,97} > Sb_{0,96} > Nd_{0,94} > Co_{0,93} > Br_{0,9} > Cr_{0,82} > Yb_{0,78} > Hf_{0,77} > As_{0,65} > Hg_{0,17}	Z _{срз} = 3,5
A1A2	Ce_{2,4} > Zn_{2,3} > Sr₂ > Na_{1,6} > Tb_{1,4} > Sb_{1,3} > Eu_{1,2} > Yb_{1,2} > Fe_{1,1} > Lu_{1,1} > Br_{1,1} > Ca_{1,1} > Sc₁ > Hg₁ > Th₁ > > Au₁ > Rb_{0,99} > U_{0,99} > Ta_{0,96} > Ba_{0,95} > Sm_{0,89} > Hf_{0,85} > Cs_{0,82} > La_{0,8} > Cr_{0,79} > Nd_{0,79} > Co_{0,69} > As_{0,46}	Z _{срз} = 4,8
A2	Au_{2,3} > Na_{1,8} > Sr_{1,7} > Eu_{1,2} > Nd_{1,1} > Sm_{1,1} > Ba_{1,1} > Ca₁ > U₁ > Tb₁ > Sc_{0,99} > Ta_{0,98} > Fe_{0,97} > Yb_{0,96} > Br_{0,95} > > Th_{0,93} > Hf_{0,93} > Cs_{0,91} > Rb_{0,9} > Lu_{0,89} > La_{0,87} > Hg_{0,8} > Sb_{0,76} > Zn_{0,75} > As_{0,75} > Cr_{0,72} > Co_{0,57} > Ce_{0,44}	Z _{срз} = 1,4
A2B	Sr_{1,8} > Na_{1,8} > Au_{1,7} > Zn_{1,4} > Nd_{1,1} > Sm_{1,1} > Ba_{1,1} > Rb_{1,1} > Th₁ > Tb₁ > Ca₁ > Cs_{0,99} > Eu_{0,99} > Br_{0,98} > La_{0,95} > > Fe_{0,95} > Sb_{0,92} > Sc_{0,9} > U_{0,87} > Ta_{0,8} > Yb_{0,79} > Lu_{0,75} > Ce_{0,73} > As_{0,71} > Hg_{0,7} > Hf_{0,69} > Cr_{0,63} > Co_{0,48}	Z _{срз} = 1
B	Sr_{2,3} > Na₂ > Ce₁ > Ca₁ > Ba_{0,97} > Hf_{0,96} > Nd_{0,9} > Rb_{0,87} > Eu_{0,81} > U_{0,78} > Au_{0,75} > Tb_{0,74} > Ta_{0,73} > Br_{0,72} > Th_{0,7} > > Yb_{0,7} > Sb_{0,64} > Lu_{0,63} > La_{0,6} > Sm_{0,57} > Zn_{0,51} > Sc_{0,5} > Cr_{0,43} > Fe_{0,41} > Co_{0,39} > Cs_{0,34} > As_{0,33} > Hg_{0,21}	Z _{срз} = -6

Примечание. Жирным выделены элементы с Kк ≥ 1, подчеркнуты элементы с Kк ≥ 1 общие для всех горизонтов.



Рисунок 1 – Распределение Zn по профилю условно-фоновой и техногенной почв (по оси x – содержание, мг/кг; по оси y – почвенные горизонты)

Это может быть обусловлено несколькими причинами. Во-первых, значимые концентрации именно «техногенных» элементов могут появиться лишь при многолетнем воздействии, поскольку изменения в почвах происходят весьма медленно. Во-вторых, именно уменьшение концентраций некоторых специфических элементов может быть признаком переформирования, перегруппировки почвенных комплексов на первых этапах работы завода. В-третьих, имеет значение изменение подвижности некоторых химических элементов, обеспечивающей миграцию их до глинистых слоев. В-четвертых, возможно, мы не видим глобального фактора, оказывающего воздействие на данные процессы.

Пространственное распределение химических элементов по удалению от техногенного объекта очень изменчиво и зависит как от самих элементов, так и от компонентов экосистемы и преимущественного направления ветра. Так, лишь два химических

элемента сохраняют закономерность накопления в ближней зоне во всех средах (Fe, Th). В то же время Вг проявляет летучесть во всех рассматриваемых средах, накапливаясь в дальней зоне, за исключением подстилки (рис. 2). Zn более изменчив: в почве он еще более летуч, чем Вг, но в листьях, как и в подстилке, накапливается в ближней зоне, а в травостое – в средней. То же самое актуально и для распределения по сторонам света относительно НПЗ (рис. 2).

В почве урбанизированной территории выявлено две ассоциации химических элементов с высокими значимыми корреляционными связями (рис. 3: B). Помимо основной ассоциации, соответствующей условно-фоновой почве (рис. 3: A), с некоторым снижением спектра взаимосвязанных элементов, присутствует самостоятельная ассоциация натрия с кобальтом и сурьмой и новая, на наш взгляд, техногенная ассоциация, связывающая Вг, Hg и Zn.

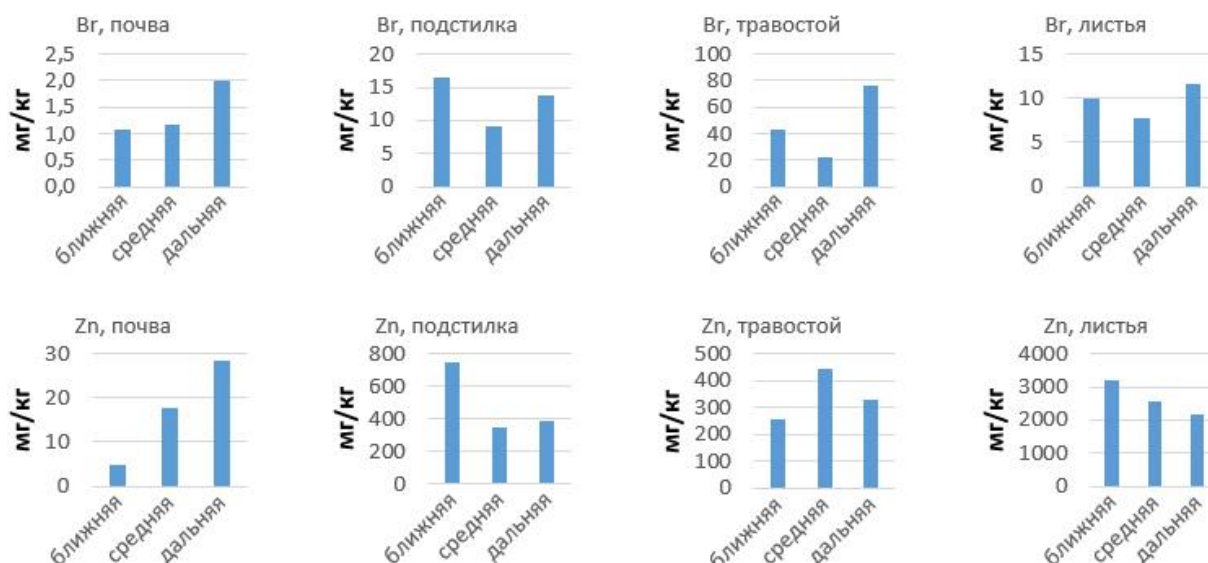


Рисунок 2 – Пространственное распределение Вг и Zn по удалению от НПЗ (по оси x – зоны по удаленности от НПЗ: ближняя – 420–490 м, средняя – 700–1130 м, дальняя – 1300–2170 м)

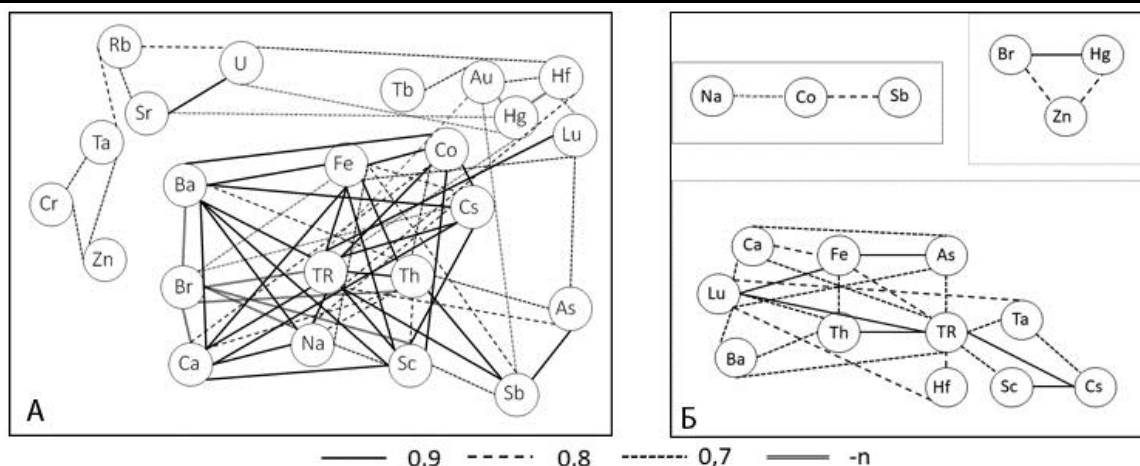


Рисунок 3 – Ассоциации химических элементов в почвах условно-фоновой (А) и техногенной (Б) территорий (при уровне значимости $t = 0,5$)

Анализ элементного состава комплекса компонентов природной среды показал, что для каждого из этих компонентов – разных видов растений (травянистых и древесных), а также листового опада характерным является спектр накапливаемых химических элементов, ярко отличающийся от такого для почв. В сравнении с фоновой территорией наблюдается наибольшее изменение березовых листьев (как по количеству химических элементов с повышенным коэффициентом концентрации, так и по суммарному показателю загрязнения [24]), что подтверждает их высокую индикаторную способность [25]. При этом и прочие органические компоненты изменены весьма значительно. Зафиксирован общий спектр элементов с повышенными коэффициентами концентрации (табл. 3).

В сравнении с литературными данными наибольшее показатели изменений в элементном составе имеет подстилка (табл. 4). При этом на техногенной территории рассмотренные органические компоненты биогеоценоза сохраняют условно-фоновый общий спектр элементов с повышенными коэффициентами концентрации, но изменяется его количественный порядок, и возрастают показатели суммарного загрязнения.

В целом, проведенное исследование показало, что в зоне влияния промышленного объекта происходит значимое изменение элементного состава во всех изученных компонентах природной среды, что свидетельствует о начале преобразования биогеохимических циклов элементов и требует более пристального наблюдения в дальнейшем.

Таблица 3 – Геохимические ряды и показатели суммарного загрязнения для органических компонентов техногенной территории относительно условно-фоновой

Подстилка	<u>Nd</u> ₃ > <u>Cr</u> _{2,3} > <u>Na</u> _{2,2} > <u>U</u> _{1,8} > <u>Th</u> _{1,5} > <u>Fe</u> _{1,5} > <u>Eu</u> _{1,4} > <u>Sc</u> _{1,4} > <u>Ta</u> _{1,4} > <u>Hf</u> _{1,4} > <u>Ce</u> _{1,3} > <u>Rb</u> _{1,3} > <u>Yb</u> _{1,3} > <u>La</u> _{1,3} > <u>Sm</u> _{1,3} > <u>Lu</u> _{1,2} > <u>Tb</u> _{1,1} > <u>Co</u> ₁ > <u>Au</u> ₁ > <u>Cs</u> _{0,96} > <u>Sb</u> _{0,84} > <u>Sr</u> _{0,77} > <u>Ag</u> _{0,76} > <u>Hg</u> _{0,64} > <u>As</u> _{0,62} > <u>Ba</u> _{0,45} > <u>Ca</u> _{0,38} > <u>Br</u> _{0,36} > <u>Zn</u> _{0,32}	$Z_{\text{срз}} = 6,8$
Травостой	<u>Th</u> ₆ > <u>Ce</u> _{3,7} > <u>Br</u> _{2,5} > <u>Ta</u> _{2,3} > <u>Hf</u> _{2,1} > <u>Eu</u> _{2,1} > <u>La</u> _{1,9} > <u>Sm</u> _{1,9} > <u>Sc</u> _{1,9} > <u>Yb</u> _{1,8} > <u>U</u> _{1,8} > <u>Fe</u> _{1,8} > <u>Lu</u> _{1,7} > <u>Cs</u> _{1,6} > <u>Tb</u> _{1,6} > <u>Na</u> _{1,6} > <u>Hg</u> _{1,5} > <u>Co</u> _{1,4} > <u>Rb</u> _{1,4} > <u>Nd</u> _{1,3} > <u>Au</u> _{1,2} > <u>Sb</u> _{1,2} > <u>Cr</u> _{0,95} > <u>Sr</u> _{0,81} > <u>Ca</u> _{0,71} > <u>Zn</u> _{0,63} > <u>Ag</u> _{0,6} > <u>As</u> _{0,59} > <u>Ba</u> _{0,56}	$Z_{\text{срз}} = 21$
Листья березы повислой (<i>Betula pendula</i>)	<u>Sm</u> ₂₄ > <u>La</u> ₁₆ > <u>Cr</u> _{5,1} > <u>Sb</u> _{4,6} > <u>Cs</u> _{3,9} > <u>Yb</u> _{3,7} > <u>Tb</u> _{3,5} > <u>Eu</u> _{3,3} > <u>Fe</u> ₃ > <u>Co</u> ₃ > <u>Nd</u> _{2,4} > <u>Ce</u> _{2,2} > <u>Sc</u> _{1,9} > <u>Br</u> _{1,9} > <u>Sr</u> _{1,8} > <u>Hf</u> _{1,8} > <u>Ag</u> _{1,6} > <u>U</u> _{1,5} > <u>Au</u> _{1,3} > <u>Th</u> _{1,2} > <u>As</u> _{1,1} > <u>Ca</u> _{0,89} > <u>Na</u> _{0,82} > <u>Ta</u> _{0,73} > <u>Rb</u> _{0,71} > <u>Zn</u> _{0,69} > <u>Lu</u> _{0,66} > <u>Hg</u> _{0,59} > <u>Ba</u> _{0,56}	$Z_{\text{срз}} = 66$

Примечание. Жирным выделены элементы с $K_k \geq 1$, подчеркнуты элементы с $K_k \geq 1$, общие для всех сред.

Таблица 4 – Геохимические ряды и показатели суммарного загрязнения для органических компонентов техногенной территории относительно среднего содержания в золе современных континентальных растений [26]

Подстилка	<u>Ta</u> ₁₀₁ > <u>Hf</u> ₉₆ > <u>Sc</u> ₅₃ > <u>Sb</u> ₃₈ > <u>Sr</u> _{9,3} > <u>As</u> _{8,7} > <u>Ba</u> _{6,4} > <u>Th</u> _{5,9} > <u>U</u> _{2,6} > <u>Fe</u> _{1,7} > <u>Hg</u> _{1,4} > <u>Ca</u> _{1,3} > <u>Cr</u> _{1,1} > <u>Co</u> ₁ > <u>Cs</u> _{0,63} > <u>Zn</u> _{0,5} > <u>Rb</u> _{0,41} > <u>Na</u> _{0,36} > <u>Ce</u> _{0,12} > <u>La</u> _{0,12} > <u>Br</u> _{0,091} > <u>Nd</u> _{0,052} > <u>Sm</u> _{0,012} > <u>Yb</u> _{0,012} > <u>Eu</u> _{0,0048} > <u>Tb</u> _{0,0028} > <u>Lu</u> _{0,0016}	$Z_{\text{срз}} = 304$
Травостой	<u>Hf</u> ₂₇ > <u>Ta</u> ₂₅ > <u>Sc</u> ₁₆ > <u>Sr</u> ₁₂ > <u>Sb</u> ₁₁ > <u>Ba</u> _{5,5} > <u>As</u> _{1,9} > <u>Ca</u> _{1,8} > <u>Hg</u> _{1,7} > <u>Th</u> ₁ > <u>Rb</u> _{0,85} > <u>U</u> _{0,66} > <u>Cr</u> _{0,49} > <u>Fe</u> _{0,49} > <u>Zn</u> _{0,39} > <u>Br</u> _{0,36} > <u>Co</u> _{0,26} > <u>Cs</u> _{0,22} > <u>Ag</u> _{0,18} > <u>Na</u> _{0,097} > <u>Ce</u> _{0,044} > <u>Nd</u> _{0,024} > <u>La</u> _{0,023} > <u>Sm</u> _{0,0069} > <u>Yb</u> _{0,0042} > <u>Au</u> _{0,0039} > <u>Eu</u> _{0,0013} > <u>Tb</u> _{0,00093} > <u>Lu</u> _{0,00048}	$Z_{\text{срз}} = 79$
Листья березы повислой (<i>Betula pendula</i>)	<u>Sr</u> ₂₇ > <u>Ba</u> ₁₇ > <u>Sb</u> _{9,7} > <u>Ca</u> _{4,4} > <u>Sc</u> _{4,1} > <u>Zn</u> _{2,7} > <u>As</u> _{2,3} > <u>Hf</u> _{2,3} > <u>Ta</u> _{1,8} > <u>Hg</u> _{1,2} > <u>Rb</u> _{0,6} > <u>Ag</u> _{0,5} > <u>Co</u> _{0,5} > <u>U</u> _{0,31} > <u>Fe</u> _{0,24} > <u>Cr</u> _{0,14} > <u>Cs</u> _{0,11} > <u>Br</u> _{0,073} > <u>Th</u> _{0,047} > <u>Na</u> _{0,037} > <u>Nd</u> _{0,011} > <u>La</u> _{0,0071} > <u>Au</u> _{0,0061} > <u>Ce</u> _{0,0054} > <u>Sm</u> _{0,0048} > <u>Yb</u> _{0,00083} > <u>Eu</u> _{0,00067} > <u>Tb</u> _{0,00049} > <u>Lu</u> _{0,0001}	$Z_{\text{срз}} = 47$

Примечание. Жирным выделены элементы с $K_k \geq 1$, подчеркнуты элементы с $K_k \geq 1$, общие для всех сред, Hg нормирована относительно [27].

Выводы

В почве зоны влияния техногенного объекта (Ан-типинского НПЗ) выявлено наибольшее изменение в Самарский научный вестник. 2019. Т. 8, № 1 (26)

элементном составе верхнего горизонта с концентрированием таких элементов, как Lu, Zn, Na, Sr, Ce, Sm, Eu, Sc, Th, Ta, Fe, Ca, Ba и др. В органических

компонентах наблюдается общий перечень химических элементов с повышенными коэффициентами концентрации вблизи НПЗ, включающий Nd, U, Th, Fe, Eu, Sc, Hf, Ce, Yb, La, Sm, Tb, Co, Au. Наибольшее техногенное изменение при сравнении с условным фоном среди рассмотренных сред характерно для листьев березы повислой, суммарное накопление элементов в которых достигает значения более шестидесяти, что в три раза выше в сравнении с травостоем и практически в шесть раз больше по сравнению с подстилкой. Пространственные закономерности распространения определяются особенностями как компонентов экосистем, так и химических элементов, а также господствующим направлением ветра. Для почвы территории, прилегающей к промышленному объекту, характерным является возникновение новой ассоциации с высокой корреляционной взаимосвязью между ртутью, цинком и бромом, в отличие от почвы условно-фоновой территории, и в целом снижение корреляционных взаимодействий между основными химическими элементами, характерными для почв Тюменского федерального заказника. Исходя из целостной картины накопления химических элементов в комплексе изученных сред, можно считать элементами-индикаторами нефтеперерабатывающего предприятия Br, Sb, La, Tb, Yb, Ce, As, Hg, Zn, Co, что соотносится с ранее полученными данными других авторов [28–30 и др.].

Список литературы:

1. Башкин В.Н., Евстафьева И.В., Ермаков В.В. и др. Биогеохимические основы экологического нормирования. М.: Наука, 1993. 300 с.
2. Ферман А.Е. Геохимия. Т. 1. Л.: Госхимтехиздат, Ленинград. отд-ние, 1933. 328 с.
3. Лобачева А.А. Влияние ОАО «Куйбышевский нефтеперерабатывающий завод» на почвенный и растительный покров прилегающих территорий: дис. ... канд. биол. наук. Самара, 2010. 225 с.
4. Абросимов А.А. Экология переработки углеводородных систем: учебник / под ред. д-ра хим. наук, проф. М.Ю. Доломатова, д-ра техн. наук, проф. Э.Г. Теляшева. М.: Химия, 2002. 608 с.
5. Шахова Т.С. Влияние нефтеперерабатывающих заводов на эколого-геохимическую обстановку прилегающих территорий по данным изучения снегового покрова (на примере гг. Омск, Ачинск, Павлодар): дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Томск, 2018. 192 с.
6. Давыдова С.Л., Теляков В.В. Экологические проблемы нефтепереработки. М.: РУДН, 2010. 175 с.
7. Chan C.C., Shie R.H., Chang T.Y., Tsai D.H. Workers' exposures and potential health risks to air toxics in a petrochemical complex assessed by improved methodology // *International archives of occupational and environmental health*. 2006. Т. 79, № 2. P. 135–142.
8. Luginaah I.N., Taylor S.M., Elliott S.J., Eyles J.D. Community reappraisal of the perceived health effects of a petroleum refinery // *Social Science & Medicine*. 2002. Т. 55, № 1. P. 47–61.
9. Кочина Т.Я., Кушникова Г.И. Эколого-медицинские последствия загрязнения нефтепродуктами геологической среды // *Гигиена и санитария*. 2008. № 4. С. 23–26.
10. Rao P.S., Ansari M.F., Pipalatkhar P., Kumar A., Nema P., Devotta S. Measurement of particulate phase

polycyclic aromatic hydrocarbon (PAHs) around a petroleum refinery // *Environmental monitoring and assessment*. 2008. Т. 137, № 1–3. P. 387–392.

11. Околелова А.А., Мерзлякова А.С., Кожевникова В.П. Содержание бензапирена в почвенном покрове нефтеперерабатывающего предприятия // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*. 2015. Т. 30, № 3 (200). С. 1–4.

12. Zhang Z., Wang H., Chen D., Li Q., Thai P., Gong D., Li Y., Zhang C., Gu Y., Zhou L., Morawska L., Wang B. Emission characteristics of volatile organic compounds and their secondary organic aerosol formation potentials from a petroleum refinery in Pearl River Delta, China // *Science of The Total Environment*. 2017. Т. 584. P. 1162–1174.

13. Мухаматдинова А.Р., Сафаров А.М., Магасимова А.Т., Хатмуллина Р.М. Оценка влияния предприятий нефтехимического комплекса на объекты окружающей среды // *Георесурсы*. 2012. № 8 (50). С. 46–50.

14. Jafarnejad S. Odours emission and control in the petroleum refinery: a review // *Current Science Perspectives*. 2016. Т. 2, № 3. P. 78–82.

15. McCoy B.J., Fischbeck P.S., Gerard D. Characterizing Texas petroleum refining upset air emissions // *Atmospheric Environment*. 2010. Т. 44, № 34. P. 4230–4239.

16. ГОСТ 17.4.3.01–2017. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ, 2018. 4 с.

17. Методы изучения лесных сообществ: монография / Е.Н. Андреева, И.Ю. Баккал, В.В. Горшков и др. СПб.: НИИХ Химии СПбГУ, 2002. 240 с.

18. Фомин Г.С., Фомин А.Г. Почва. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам: Справочник. М.: Госстандарт России, 2001. 300 с.

19. Розанов Б.Г. Морфология почв: учебник для высшей школы. М.: Академический проект, 2004. 432 с.

20. ГОСТ 26929–94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов: межгосударственный стандарт: издание официальное. М.: Изд-во стандартов, 1995. 15 с.

21. Ярошевский А.А. Кларки геосфер // *Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых*. М.: Недра, 1990. С. 7–14.

22. Боев В.В., Перминова Т.С., Барановская Н.В. Распределение микро- и макроэлементов в почвах Томской области // *Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах: мат-лы II междунар. школы-семинара для молодых исследователей, посв. памяти профессора В.Б. Ильина*. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2016. С. 197–200.

23. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области / отв. ред. В.А. Хмелев. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 226 с.

24. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном

покрове и почве / Б.А. Ревич и др. М.: Ин-т минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов: Глав. сан.-профилакт. упр. МЗ СССР, 1990. 15 с.

25. Клос В.Р., Жовинский Э.Я. Биогеохимические индикаторы зон экологического риска городских агломераций // Пошукова та екологічна геохімія. 2014. № 1 (14). С. 8–12.

26. Ткалич С.М. Некоторые общие закономерности содержания химических элементов в золе растений. Биогеохимические поиски рудных месторождений. Улан-Удэ: Изд-во СО АН СССР, 1969. 179 с.

27. Markert В. Plants as Biomonitors: Indicators for Heavy Metals in the Terrestrial Environment VCH, Weinheim, FR Germany, 1993. 644 p.

28. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник: в 6 кн. / под ред. Э.К. Буренкова. М.: Недра, 1994. 304 с.

29. Лагутин В.В. Защита атмосферы на объектах добычи и переработки природного газа, содержащего сероводород // Современные наукоемкие технологии. 2005. № 3. С. 61–62.

30. Шахова Т.С., Филимонок Е.А. Оценка загрязнения снежного покрова в зоне влияния предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности (на примере г. Павлодара и г. Томска) // Наука будущего – наука молодых: Казань, 20–23 сентября 2016 г.: сборник тезисов участников форума: в 2 т. 2016. Т. 2. С. 174–177.

ELEMENTS-INDICATORS OF OIL REFINERIES IMPACT IN THE COMPONENTS OF ADJACENT ECOSYSTEMS

© 2019

Baranovskaya Natalya Vladimirovna, doctor of biological sciences,

professor of Geology Division of Engineering School of Natural Resources

Boev Vladislav Viktorovich, postgraduate student of Geology Division of Engineering School of Natural Resources
National Research Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation)

Boev Viktor Aleksandrovich, candidate of biological sciences, associate professor of Geocology Department
Tyumen State University (Tyumen, Russian Federation)

Abstract. This paper discusses differences in chemical elements concentration by the components of an ecosystem exposed to the refinery, relative to the territory taken as the background. The study was conducted in the Antipinsky Oil Refinery location area, the territory of the Tyumen Federal Reserve was considered as the background. The change in the elemental composition of the soil, bedding, grass stand, and birch leaves has been studied. The study was carried out by instrumental neutron activation and atomic absorption analysis methods. For all considered components of ecosystems, the patterns of the spatial distribution of elements with respect to refinery were analyzed (both to remote and to cardinal directions). The change in the associations of chemical elements in technogenic conditions was studied. The obtained results were compared with the Clarke and literature data, on the basis of which the background status of the natural territory was confirmed, and low pollution of the technogenic region was revealed. According to the results, an elevated content of many of the studied chemical elements in the upper soil horizon was found. For most of them, a change in the distribution over the profile was recorded. The greatest pollution among the studied objects is characteristic of birch leaves. The spatial distribution of pollution is different for the components considered, but is consistent with the predominant wind direction. In the studied components of the technogenic ecosystem, an accumulation of elements specific to the oil refining industry was found: Br, Sb, La, Tb, Yb, Ce, As, Hg, Zn, Co. In all considered components of the technogenic ecosystem a violation of correlations and the presence of specific associations were recorded.

Keywords: regional background level; Antipinsky Oil Refinery; Tyumen Federal Reserve; Tyumen Region; technogenic change of ecosystem components; elements-indicators; ecosystem components; geochemical indicators; oil refinery emissions; distribution of chemical elements in ecosystem components; regional geochemical specificity.

УДК 543.97

DOI 10.24411/2309-4370-2019-11102

Статья поступила в редакцию 30.12.2018

СТОЧНЫЕ ВОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ЭТИЛЕНДИАМИНА И ОЦЕНКА ИХ ТОКСИЧНОСТИ ФИТОТЕСТИРОВАНИЕМ

© 2019

Быковский Николай Алексеевич, кандидат технических наук,
доцент кафедры автоматизированных и информационных систем

Кантор Евгений Абрамович, доктор химических наук, профессор кафедры физики

Пучкова Людмила Николаевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры общей химической технологии

Фанакова Надежда Николаевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры оборудования нефтехимических заводов

Фанакон Вадим Станиславович, магистрант кафедры общей химической технологии

*Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Стерлитамаке
(г. Стерлитамак, Республика Башкортостан, Российская Федерация)*

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы возникновения токсичных сточных вод производства этилендиамина аминированием 1,2-дихлорэтана аммиаком. Показано, что сточные воды производства этилендиамина образуются на стадиях выпаривания дигидрохлорида этилендиамина и ректификации смеси Самарский научный вестник. 2019. Т. 8, № 1 (26)