

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

УДК 631.423

ФОНОВЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ БАССЕЙНА РЕКИ ПОДКАМЕННАЯ ТУНГУСКА

© 2021 г. А. Р. Митев^{1,*}, Р. А. Шарафутдинов^{2,**}

¹ Проектный институт ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть», ул. 9 мая, д. 65д, Красноярск, 660098 Россия

² Институт экологии и географии Сибирского федерального университета,
пр. Свободы, д. 79, Красноярск, 660041 Россия

*E-mail: MitevAR@knipi.rosneft.ru

**E-mail: rsharafutdinov@sfu-kras.ru

Поступила в редакцию 22.10.2020 г.

После доработки 10.12.2020 г.

Принята к публикации 25.12.2020 г.

В работе обобщаются результаты многолетних геоэкологических исследований почвенного покрова, формирующегося в пределах водосборного бассейна верхнего течения р. Подкаменная тунгуска. Проведена статистическая обработка полученной информации, определены концентрации нефтепродуктов, тяжелых металлов и металлоидов, которые предложено считать фоновыми для почв данной территории. Общий объем выборки — 456 проб. Сведения приводятся для верхнего 20-сантиметрового почвенного слоя, выполняющего наиболее выраженную интегральную экологическую функцию и в первую очередь подвергающемуся негативным физическим и химическим воздействиям в результате хозяйственной деятельности.

Ключевые слова: почвы, фоновые концентрации, тяжелые металлы, Средняя Сибирь, Подкаменная Тунгуска, среднетаежный ландшафт, pH(солевой), ртуть (Hg), свинец (Pb), цинк (Zn), мышьяк (As), кадмий (Cd), никель (Ni), медь (Cu), нефтепродукты, хлориды, сульфаты

DOI: 10.31857/S0869780921010100

ВВЕДЕНИЕ

Почвенный покров южной Эвенкии до сегодняшнего дня остается сравнительно слабо изученным. В последнее десятилетие он подвержен возрастающему действию негативных процессов, связанных с расширением хозяйственной деятельности.

На площади водосборного бассейна р. Подкаменная Тунгуска активно ведется разведка полезных ископаемых, проводятся лесозаготовительные мероприятия, осуществляется транспортировка различных грузов (включая опасные), в том числе по зимникам — сезонным дорогам без твердого покрытия, проходящим в пределах водохранных зон водных объектов. Указанная выше деятельность сопряжена с риском негативного воздействия на окружающую среду.

Контроль степени техногенной нагрузки и степени воздействия хозяйственной деятельности предполагает знание уровня состояния компонента окружающей среды, колебание которого на определенную величину является свидетельством изменения качественного и/или количественного состояния указанного компонента окружающей среды. Применительно к почвенно-

му покрову, большая часть методик оценки и контроля изменений его состояния за такой уровень принимают фоновое содержание веществ в почве (в том числе загрязняющих). Несмотря на некоторые разночтения в определении данного термина, его смысловую нагрузку можно свести к следующему определению.

Фоновое содержание (фоновая концентрация) веществ в почвах — содержание химических веществ в почвах, не испытывающих заметного антропогенного воздействия [13, 10], соответствующее их естественным (природным) концентрациям [4, 5], зависящее от различий почвенно-климатических зон и их геологических и почвообразующих условий [15].

Несмотря на то, что [15] предписывает рассчитывать фоновую концентрацию как среднее, ссылаясь на п. 3.8 отмененного в 2005 г. ISO 11074-1-96, следует отметить, что специализированный ISO 19258-2018 [17] определяет фоновое значение как статистическую характеристику общего содержания веществ в почве, которое может выражаться в терминах среднего значения, медианы или диапазона значений в зависимости от масштаба и задачи исследования.

Таким образом, в рамках настоящей работы анализируется фоновое содержание веществ (тяжелые металлы, хлориды, сульфаты, натрий, нефтепродукты) в почвах, формирующихся в пределах площади водосборного бассейна Подкаменной Тунгуски в верхнем ее течении. Выбор анализируемых компонентов в основном обусловлен требованиями п. 6.4. СанПиН 2.1.7.1287-03¹.

РАЙОН И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Район исследования расположен в пределах Западного траппового плато и Центрально-Тунгусской впадины [3] (рис. 1). Рельеф Центрально-Тунгусской впадины представляет собой волнистую равнину, слабовсхолмленную, с выровненными водораздельными пространствами, сглаженными пологими склонами и с хорошо выработанными, широкими заболоченными долинами рек и ручьев [1].

В пределах Западного траппового плато особенности рельефа обусловлены широким развитием пластовых интрузий траппов. Долины рек здесь узкие, глубокооврезанные, характерны наклонные поймы, пороги. Интрузивные породы, как наиболее устойчивые к процессам денудации, занимают господствующие гипсометрические уровни и образуют гребневидные хребты и гряды.

Распространение многолетнемерзлых толщ островное, сугубо локальное. Мерзлые породы чаще выявляются летом в аллювиальных и торфяных отложениях, которые протаивают относительно неглубоко. Бугристые торфяники встречаются в северной части района в заболоченных долинах рек Хемур, Хонгон. На таких участках можно наблюдать разрезающиеся эпигенетические ледяные решетки в подстилающих торфоземных суглинках.

Район относится к среднетаежной ландшафтной зоне Средней Сибири. По лесорастительному районированию территория района исследований относится к Подкаменно-Тунгусскому округу Ангаро-Тунгусской провинции Средне-Сибирской плоскогорной лесорастительной области среднетаежных лиственничных и сосновых лесов [9], лесистость территории достигает 73%.

Основные лесообразующие породы — сосна обыкновенная, лиственница Чекановского, лиственница сибирская. Доминируют кустарничково-зеленомошная, травяно-кустарничковая, толокнянковая, кустарничково-зеленомошная, лишайниковая группы светлых лесов.

Среди заболоченных лесов наибольшее распространение имеют березовые леса и мелколе-

ся из березы пушистой: кустарничково-осоково-политриховые, кустарничково-моховые и кустарничково-ерниково-осоково-вейниковые.

По почвенно-географическому районированию район исследований находится на стыке Приенисейской горной и Средне-Сибирской почвенных провинций Восточно-Сибирской мерзлотно-таежной почвенно-биоклиматической области [11]. В структуре почвенного покрова на водораздельных пространствах основная роль принадлежит дерново-подзолистым слабооподзоленным (Umbric Podzols) почвам, подбуграм грубогумусовым и иллювиально-железистым (Histic Phaeozem), а в пределах речных долин — аллювиальным серогумусовым типичным и глееватым (Dystric Fluvisols), слоисто-аллювиальным гумусовым (Leptic Fluvisols), аллювиальным торфяно-глеевым (Histic Fluvisols Oxyaquic), а также торфяным эутрофным почвам (Histosols Sapric).

Учитывая рандомизированную структуру сети проб отбора в пределах района исследования, отобранные в рамках настоящей работы пробы характеризуют:

— почвы структурно-метаморфического, текстурно-дифференцированного, криометаморфического, альфегумусового, железисто-метаморфического отделов постлитогенного ствола почвообразования;

— почвы аллювиального отдела синлитогенного ствола почвообразования

МЕТОДИКА ОПРОБОВАНИЯ И АНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Пробоотбор осуществлен по нерегулярной сети опробования в период с 2010 по 2019 г. Каждый пункт отбора проб представляет собой пробную площадку, характеризующую элементарный природный ландшафт. На каждой площадке проводилось морфологическое описание почвы и отбиралось по пять единичных проб методом конверта из поверхностного горизонта (0–20 см). Объединенная проба высушивалась до воздушно-сухого состояния, упаковывалась и направлялась в лабораторный стационар. Часть объединенной пробы, предназначенная для определения нефтепродуктов, помещалась в стеклянный флакон с притертой пробкой. Каждая проба сопровождалась этикеткой, содержащей шифр пробы без географической и иной привязки к месту отбора. Местоположение пробной площадки фиксировалось с помощью GPS/ГЛОНАСС в полевом журнале.

Отобранные пробы передавались в лабораторные стационары, аккредитованные в установленном порядке. Анализ проводился в лаборатории филиала ЦЛАТИ по Енисейскому региону и ГПКК “КНИИГиМС”. рН(солевой) определялся

¹ СанПиН 2.1.7.1287-03 Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. (с изменениями на 25 апреля 2007 года) URL: <http://docs.cntd.ru/document/901859456>

Таблица 1. Основные статистики выборки фоновых проб

Статистика	pH (KCl), ед.	Hg	Pb	Zn	As	Cd	Ni	Cu	НП*	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
Среднее, кг/кг	5.63	0.03	8.08	57.88	4.07	0.71	33.30	31.35	242.71	29.86	21.01	26.28
Стандартная ошибка, кг/кг	0.09	0.00	0.71	5.77	0.29	0.09	2.75	3.32	35.31	2.43	2.94	3.07
Медиана, г/кг	5.70	0.02	6.50	53.00	3.00	0.33	30.00	24.10	115.50	21.00	10.00	17.00
Мода, кг/кг	4.90	0.01	10.00	37.00	2.50	0.40	24.00	22.00	25.00	5.00	13.00	15.00
Стандартное отклонение, кг/кг	1.22	0.03	10.30	75.68	3.94	0.97	39.81	48.01	509.18	31.54	38.95	40.09
Дисперсия выборки	1.48	0.00	106.19	5727.64	15.4	0.95	1584.83	2305	259263	994.69	1516.8	1607.12
Экссесс	-1.14	11.16	51.17	142.42	2.82	5.51	148.8	146.3	82.36	18.71	32.64	53.48
Асимметричность	-0.13	2.63	6.09	11.41	1.83	2.43	11.29	11.18	7.96	3.62	5.36	6.54
Минимум, кг/кг	2.60	0.00	0.20	5.20	0.03	0.03	0.62	1.20	2.50	1.50	1.40	1.00
Максимум, кг/кг	7.90	0.21	110	1000	19.5	4.90	560	664	6011	250	315	405
Число проб, шт.	178	184	209	172	184	124	209	209	208	169	175	171

* Сокращение НП здесь и далее – нефтепродукты.

по ГОСТ 26483-85². Валовое содержание тяжелых металлов и металлоидов в разные годы определялось в соответствии с РД 52.18.685-2006³, М-МВИ-80-2008⁴. Ртуть определялась методом “холодного пара” атомно-адсорбционной спектрометрии (ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98⁵). Нефтепродукты определялись методом ИК-спектрометрии по ПНД Ф 16.1:2.2.22-98⁶.

Стоит отметить, что результаты анализа проб, выполненные методами атомно-эмиссионной спектрометрии и атомно-абсорбционной спектрометрии, не имеют статистически достоверных отличий, так как оборудование и методики, применяемые для анализа, включают в себя системы коррекции неселективного поглощения, матричных эффектов и других помех.

² ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200023490>

³ РД 52.18.685-2006 Методические указания. Определение массовой доли металлов в пробах почв и донных отложений. Методика выполнения измерений методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. URL: <http://docs.cntd.ru/document/898937281>

⁴ М-МВИ 80-2008 Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложений методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектрометрии. URL: <http://docs.cntd.ru/document/471813564>

⁵ ПНД Ф 16.1:2.3:3.10-98 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания ртути в твердых объектах методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии (метод “холодного пара”). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200080229>

⁶ ПНД Ф 13.1:2.22-98 Количественный химический анализ атмосферного воздуха и выбросов в атмосферу. Методика выполнения измерений объемных долей водорода, кислорода, азота, метана, оксида и диоксида углерода в воздухе рабочей зоны и промышленных выбросах методом газовой хроматографии. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200097740>

Статистическая обработка фактического материала включала выполнение нескольких этапов.

1. Подготовка выборки

Выполнен отсев пробных площадей, не соответствующих определению фоновых по нормативным документам [4, 5, 15, 13, 10]. В результате данной операции исходной размер выборки уменьшился с 456 проб до 209. Расчет основных статистик для полученной выборки представлен в табл. 1.

2. Проверка аппроксимации распределения

В связи с высокими стандартными отклонениями, различиями между центральными тенденциями (медиана, мода, среднее) проведена очистка выборки от экстремальных значений – “выбросов”. Для этого из выборки были исключены значения, находящиеся за пределами полуторного межквартильного интервала (применение границ Тьюки) [17]. После отсева выбросов выборка сохранила результаты не менее 110 проб для любого определяемого компонента, что соответствует [8, п. 240]. При этом среднее количество учитываемых результатов химического анализа проб для всех компонентов – 170.

Стоит отметить, что 75% экстремальных значений содержания нефтепродуктов в пробах соответствует почвам, имеющим торфяной либо грубогумусовый горизонт, либо находятся на территориях 1–3-летних “горельников”.

Анализируя географическое распределение “выбросов” в целом по выборке, прослеживается их связь с породами хушминского комплекса карбонатит-мельтейгит-пикритов. В породах комплекса установлены повышенные содержания цинка, хрома, фосфора. Породы этого комплекса

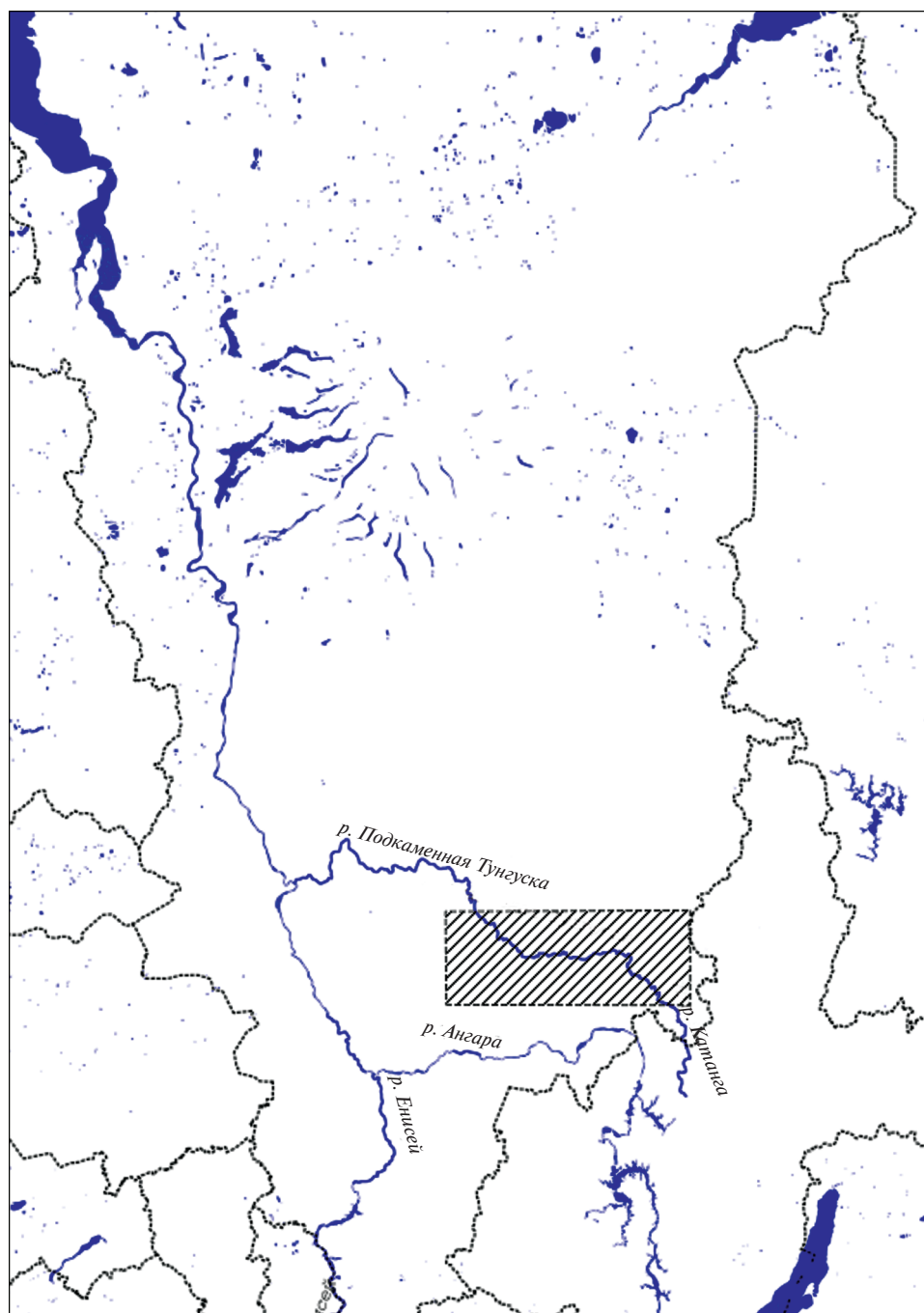


Рис. 1. Карта-схема района исследования.

характеризуются прочными геохимическими связями между собой основных элементов Pb, Cu, Co, Zn, V, Cr, Ni, Ti, Mn. Отмечено, что шлихах по долинам рек Чуны, Тычаны, Корда, Муторай, Подкаменная Тунгуска часто отмечается повышенное содержание галенита (Pb) и сфалерита (Zn) [6].

В целом по выборке (табл. 2) распределения концентрации тяжелых металлов, сульфатов, хлоридов в почвах района исследования подчиняются логнормальному закону, нефтепродуктов и

ионов натрия — нормальному. Водородный показатель — мультимодальному с двумя пиками.

3. Расчет фоновых концентраций

Для всех показателей за исключением pH в рамках данной работы авторами предложено считать за фоновые — значения, лежащие в интервале $(0; \text{среднее} + 3\sigma)$, т.е. принять за фоновые концентрации — концентрации характерные для 99.86% проб полученной выборки. В целом, данный под-

Таблица 2. Основные статистики фоновых проб после отсева экстремальных значений

Компоненты	pH (KCl)	Hg	Pb	Zn	As	Cd	Ni	Cu	НП	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
Единицы	ед.	мг/кг										
Распределение	M-M*	Логнормальное							Нормальное	Логнормальное		
Среднее	4.5; 7*	0.026	6.34	51.85	2.84	0.39	29.5	24.57	118.15	23.9	11.14	18.52
Стандартная ошибка		0.0013	0.288	1.655	0.147	0.031	0.919	0.958	6.023	1.294	0.523	0.871
Медиана		0.023	6.2	53	2.6	0.3	30	22	102	20	9	16
Стандартное отклонение		0.017	4.059	21.587	1.871	0.328	13.088	13.349	81.033	16.318	6.489	10.978
Минимум		0.002	0.2	5.2	0.025	0.025	0.62	1.2	2.5	1.5	1.4	1
Максимум		0.08	19	106	9.2	1.5	62.7	64	364	76	29	53
Число проб, шт.		173	198	170	163	110	203	194	181	159	154	159

*Мультимодальное распределение с модами 4.5 и 7 ед. pH.

Таблица 3. Фоновые концентрации элементов в почвах района исследования

Компоненты	Hg	Pb	Zn	As	Cd	Ni	Cu	НП	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
Ед. измерения	мг/кг										
Фоновая концентрация (среднее+3σ)	0.079	18.52	116.61	8.45	1.38	68.76	64.61	361.25	72.85	30.61	51.46

Таблица 4. Фоновые концентрации (мг/кг) тяжелых металлов в почвах района исследования в сравнении с данными других работ

Компоненты	Hg	Pb	Zn	As	Cd	Ni	Cu
Фоновая концентрация (среднее+3σ)	0.079	18.52	116.61	8.45	1.38	68.76	64.61
Среднее	0.026	6.34	51.85	2.84	0.39	29.5	24.57
Диапазон	0.002–0.08	0.2–19	5.2–106	0.025–9.2	0.025–1.5	0.62–62.7	1.2–64
Среднее [2]	0.022	11.4	52.3	5.1	0.11	25.6	18.2
Диапазон	0.001–0.22	1.1–68.5	9.4–115	1.1–10.9	0.001–0.8	5–64.8	2.6–68.2

ход в оценке фонового содержания базируется на методологии, изложенной в [8, п. 244] и [17].

Таким образом, для использования при оценке степени загрязнения почв, формирующихся в пределах района исследования, в рамках настоящей работы получены фоновые концентрации соответствующих элементов, представленные в табл. 3.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты в целом соответствуют другим немногочисленным работам (табл. 4). Так, в работе [2] на основе анализа 21000 проб, для почв территории юга Красноярского края получены значения концентраций тяжелых металлов, сопоставимые с полученными в рамках настоящей работы результатами.

Фоновые концентрации для нефтепродуктов, обменного натрия, хлорид и сульфат — ионов представлены в табл. 5. Концентрации нефтепродуктов в почвах имеют достаточно неравномерный характер пространственного распределения, что обусловлено в первую очередь высокой гетерогенностью почвенного покрова и распространения почв с торфяными и оторфованными грубогумусовыми горизонтами. Рассчитанная фоновая концентрация является репрезентативной для подавляющего большинства почв, формирующихся в пределах района исследования. Тем не менее, концентрации нефтепродуктов, классифицированные как выбросы по выборке, в соответствии с критериями [4, 5, 15, 13, 10] также являются фоновыми.

Как было отмечено ранее, большинство выбросов выборки характерны для почв с наличием выраженного торфяного либо грубогумусового

Таблица 5. Фоновые концентрации нефтепродуктов, обменного натрия, хлорид- и сульфат-ионов в почвах района исследования

Компоненты	Нефтепродукты	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
Фоновая концентрация (среднее+3σ)	$\frac{361.25^a}{1100^b}$	72.85	30.61	51.46
Среднее	$\frac{118.15}{2.5-364}$	$\frac{23.9}{1.5-76}$	$\frac{11.14}{1.4-29}$	$\frac{18.52}{1-53}$
Диапазон				

^aФоновая (среднее+3σ) концентрация для минеральных почв.

^bФоновая (мода) концентрация для торфяных (органогенных) почв.

горизонта, а также территориально сопряжены с площадями гарей 1–3 лет. Завышение содержания нефтепродуктов в таких почвах, обусловлено тем, что по своей сути ИК-метод определения нефтепродуктов – метод регистрации алифатических и циклических углеводородов в анализируемом образце. Соответственно, при проведении измерений завышение концентраций нефтепродуктов обуславливают либо битумы оторфованного грубогумусового горизонта, либо частицы древесного угля, являющиеся по химическому составу аморфными высокомолекулярными продуктами, включающими алифатические и ароматические структуры [144, 7]. При оценке степени загрязнения почв района следует учитывать указанную особенность.

Методология определения фонового уровня и оценки степени загрязнения почв нефтепродуктами является дискуссионным вопросом. Авторы работы [166] не относят почвы с содержанием нефтепродуктов до 500 мг/кг к категории загрязненных. Согласно [13], нижняя градация загрязнения почв – 1000 мг/кг. В ПНД Ф 16.1:2.21-98 (издание 2012 г.)⁷ для средне- и южно-таежных подзолов и дерново-подзолистых почв, устанавливаются ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) – 2 г/кг. Согласно принятому нормативу допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации (ДОСНП)⁸, допустимые концентрации для почв района исследования находятся в интервале 2.2–5 г/кг для разных типов почв. Несмотря на то, что концен-

трации, установленные в ОДК и ДОСНП, по определению не могут рассматриваться как фоновые, данные концентрации определяют тот уровень, при достижении которого почвы можно отнести к категории загрязненных. В то же время, РД 52.18.575-96⁹ для нефтедобывающих районов устанавливает фоновые концентрации нефтепродуктов на достаточно низком уровне 100 мг/кг. Более детально проблема оценки фоновых концентраций нефтепродуктов в почвах освещается в публикации [12].

В рамках данной работы, концентрация в 361 мг/кг, определенная как среднее+3σ для очищенной от выбросов нормализованной выборки исходно фоновых проб, характеризует фоновые концентрации нефтепродуктов почв района исследования. Так же, учитывая моду равную 1100 мг/кг для значений концентраций нефтепродуктов в фоновых пробах, определенных как “выбросы”, принимая во внимание вышеуказанные нормативные документы, предлагаем при **оценке загрязнения почв района исследования**, считать верхним пределом фоновых концентраций нефтепродуктов значения для минеральных почв равные 361 мг/кг, для торфяных (органогенных) – 1100 мг/кг.

Используя полученные значения фоновых концентраций, был рассчитан суммарный показатель химического загрязнения Z_c^{10} (в соответ-

⁷ ПНД Ф 16.1:2.21-98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости “Флюорат-02”. URL: https://standartgost.ru/g/ПНД_Ф_16.1:2.21-98

⁸ Постановление правительства Красноярского края №522-п от 03.10.2013 “Об утверждении нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ на территории Красноярского края в районах развития нефтегазовой отрасли (Юрубчено-Тохомское и Куюмбинское месторождения)”. URL: <http://docs.cntd.ru/document/465804096>

⁹ РД 52.18.575-96 Методические указания. Определение валового содержания нефтепродуктов в пробах почвы методом инфракрасной спектроскопии. Методика выполнения измерений. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200036911>

¹⁰ В изыскательской практике на данный момент существуют разночтения относительно расчета Z_c , как относительно формулы расчета, так и относительно учитываемых в расчете элементов. Данные разночтения находят свое отражение в специальной и научной литературе. Таким образом, тема определения и расчета Z_c в настоящий момент сама по себе является предметом дискуссий. По состоянию на конец 2020 г., после отмены СП 47.13330.2012, СП 11-102-97 остается единственным документом, регламентирующим метод расчета Z_c при проведении изысканий. В рамках настоящей работы авторы предлагают считать корректным проведение расчета Z_c с учетом концентраций нефтепродуктов в почвах района исследования.

Таблица 6. Суммарный показатель химического загрязнения проб в различных выборках и критериях уровня фоновых значений

Выборка	Всего проб	Проб с $Z_c < 2$, шт.	Проб с Z_c от 2 до 8 шт	Проб с Z_c от 8 до 32, шт	Проб с Z_c больше 32, шт	Максимальный Z_c	Средний Z_c	Медиана Z_c
Выборка фоновых проб с отсевом выбросов “среднее+3σ”	209	209	0	0	0	1.09	1.04	1.04
Выборка фоновых проб без отсева выбросов. Нефтепродукты 1100 мг/кг	209	177	29	3	0	29	2.7	1.76
Выборка фоновых проб без отсева выбросов. Все фоновые “среднее+3σ”	209	166	38	5	0	29	3	1.89
Выборка проб, не попадающих под определение фоновых	247	26	76	29	6	116	9.13	3.66

ствии с п. 4.20 СП 11-102-97¹¹⁾ для выборки техногенных проб, выборки фоновых проб с отсевом выбросов, выборки фоновых проб с выбросами по критерию “среднее+3σ”. Для выборки фоновых проб с выбросами дополнительно проведен расчет с использованием в качестве фоновой концентрации нефтепродуктов уровень модальных значений — 1100 мг/кг. Результаты представлены в табл. 6.

Ожидаемо, самый низкий суммарный показатель химического загрязнения характерен для выборки с отсевом экстремальных значений. В соответствии с письмом Госкомзема России от 23.12.1993 № 61-5678¹²⁾, у всех проб данной выборки степень загрязнения допустимая. При включении в выборку экстремальных значений, но с учетом в качестве фоновой уровня нефтепродуктов концентрацию в 1100 мг/кг, согласно вышеуказанному письму, к пробам с допустимой степенью загрязнения теперь относятся 177 проб, со слабой — 29 проб, средней — 3 пробы. Принимая в качестве фоновой значения концентрации нефтепродуктов 361 мг/кг, при прочих равных условиях, количество проб со средней степенью загрязнения увеличится на 2 единицы, со слабой на 9.

При расчете Z_c для выборки проб, изначально не относящихся к фоновым, при сопоставимом объеме этой выборки, кратно возрастает группа проб со средней степенью загрязнения, при появлении категорий проб сильно и очень сильно загрязненных.

¹¹⁾ СП 11-102-97 Инженерно-экологические изыскания для строительства. Официальное издание. М.: ПНИИИС Госстроя России, 1997. URL: <http://docs.cntd.ru/document/871001220>

¹²⁾ О порядке определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9033369>

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках работы оценены фоновые концентрации элементов в почвах района исследования с использованием стандартного статистического аппарата. Методология оценки базируется на положениях, изложенных в [8, п. 244] и [17].

Полученные в результате работы фоновые значения позволили оценить степень загрязнения почв района исследования. При широком диапазоне Z_c для почв с техногенных участков (вплоть до очень сильной степени загрязнения), фоновые пробы (даже с учетом экстремальных значений) характеризуются в основном как допустимо загрязненные.

В рамках работы отмечены особенности определения нефтепродуктов в почвах района исследования.

Использование фоновых концентраций существенно повышает степень достоверности проводимых в пределах района исследования надзорных мероприятий, инвентаризации нарушенных земель, проектно-изыскательских, рекультивационных и иных работ, в которых для принятия решений требуется учитывать исходное — фоновое состояние почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Варганов А.С., Попова Н.Н., Сосновская О.В., Смокотина И.В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Ангара-Енисейская. Лист Р-47 Байкит. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. 359 с.
2. Волошин Е.И. Содержание и распределение микроэлементов в почвах средней Сибири // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2008. № 4. С. 28–37.
3. Воскресенский С.С. Геоморфология Сибири. М.: Изд-во МГУ, 1962. С. 161–162.

4. ГОСТ 27593-88 Почвы. Термины и определения. <http://docs.cntd.ru/document/1200007341>
5. ГОСТ Р 56828.38-2018 Наилучшие доступные технологии. Окружающая среда. Термины и определения. <http://docs.cntd.ru/document/1200159345>
6. Государственная геологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000. Серия Тунгусская. Лист Р-47-XXX / В.Н. Котков и др. Ред. Д.И. Мусатов. Л.: Аэрогеология, 1980. Объяснительная записка / В.Н. Котков и др. Ред. Д.И. Мусатов. М.: Союзгеолфонд, 1986. 214 с.
7. Завьялов А.Н., Калугин Е.Н. Древесный уголь // Химия древесины. 1978. № 4. С. 88–92.
8. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений / Министерство геологии СССР. М.: Недра, 1983. 191 с.
9. Коротков И.А. Лесорастительное районирование России и республик бывшего СССР // Углерод в экосистемах лесов и болот России. Красноярск: Институт леса СО РАН, 1994. С. 29–47.
10. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель. Методические рекомендации Госкомзема России от 28.12.1994. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902101153>
11. Национальный атлас почв Российской Федерации. М.: Астрель, 2011. 632 с.
12. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф. Особенности определения и нормирования нефтепродуктов в почвах // Естественно-гуманитарные исследования. 2013. № 1(1). С. 12–18.
13. Письмо Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ от 27.12.1993 N 04-25 “О порядке определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами”. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9033369>
14. Пятыгина М.В., Мингалева Г.Р. Комплексное использование торфа на основании молекулярного состава его органической массы // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19. № 5-6. С. 3–13.
15. РД 52.18.718-2008 Организация и порядок проведения наблюдений за загрязнением почв токсикантами промышленного происхождения. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200081126>
16. Шарафутдинов Р.А., Митев А.Р., Романов А.А., Борисова И.В. Содержание нефтепродуктов в почвенном покрове г. Красноярска // Вестник КрасГАУ. 2018. № 6 (141). С. 289–293.
17. ISO 19258:2018 Soil quality – Guidance on the determination of background values. URL: <https://www.iso.org/standard/67982.html>

BACKGROUND CONCENTRATIONS OF TRACE ELEMENTS IN SOILS OF THE PODKAMENNAYA TUNGUSKA RIVER BASIN

A. R. Mitev^{a,#} and R. A Sharafutdinov^{b,##}

^a RN-Krasnoyarsk NIPIneft LLC, Rosneft Corporate Research and Development Complex, ul. 9 Maya, 65d, Krasnoyarsk, 660098 Russia

^b Institute of Ecology and Geography, Siberian Federal University, Svobody pr., 79, Krasnoyarsk, 660041 Russia

[#] E-mail: MitevAR@knipi.rosneft.ru

^{##} E-mail: rsharafutdinov@sfu-kras.ru

The work summarizes the results of long-term geoecological studies in the soil cover of the Podkamennaya Tunguska River basin. The samples characterize the upper 20-cm soil layer, which performs the most pronounced integral ecological function and is primarily exposed to negative physical and chemical influences as a result of human economic activities. The obtained background concentrations are typical (representative) for Umbric Podzols, Histic Phaeozem, Dystric Fluvisols, Leptic Fluvisols, Histic Fluvisols Oxyaquic, and Histosols Sapric. Total petroleum hydrocarbons (TPH) were determined through infrared spectrometry. The total content of heavy metals in the studied soils were found by atomic emission spectroscopy (AES) and atomic absorption spectroscopy (AAS). Background concentrations were analyzed in accordance with ISO 19258-2018. A total of 456 samples were studied. For background concentration, the values were taken in the range [0; mean + 3σ] mg/kg. Background concentrations were determined for mercury (0.079 mg/kg), lead (18.52 mg/kg), zinc (116.61 mg/kg), arsenic (8.45 mg/kg), cadmium (1.38 mg/kg), nickel (68.76 mg/kg), copper (64.61 mg/kg), petroleum hydrocarbons (361.25 mg/kg), chlorides (30.61 mg/kg), and sulfates (51.46 mg/kg).

Keyword: soils, pedology, background concentrations, pedogeochemical concentration, heavy metals, trace elements, Central Siberia, Podkamennaya Tunguska, middle-taiga landscapes, Hg, Pb, Zn, As, Cd, Ni, Cu, petroleum hydrocarbons

REFERENCES

1. Varganov, A.S., Popova, N.N., Sosnovskaya, O.V., Smokotina, I.V., et al. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1:1000000 (tretie pokolenie). Seriya Angaro-Eniseiskaya. List P-47 – Baikit. Ob'yasnitel'naya zapiska*. [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1 000 000 (third generation). Angara-Yenisei series. Sheet P-47 – Baykit. Explanatory note]. St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2015, 359 p. (in Russian)
2. Voloshin, E.I. *Soderzhanie i raspredelenie mikroelementov v pochvakh srednei Sibiri* [The content and distribution of trace elements in soils of the Central Siberia]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2008, no. 4, pp. 28–37. (in Russian)
3. Voskresenskii, S.S. *Geomorfologiya Sibiri*. [Geomorphology of Siberia]. Moscow, MGU Publ., 1962, 352 p. (in Russian)
4. *GOST 27593-88 Pochvi. Termini i opredeleniya*. [State Standard 27593-88 Soils. Terms and definitions]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200007341> (in Russian)
5. *GOST R 56828.38-2018 Nailuchshie dostupnye tekhnologii. Okruzhayushaya sreda. Termini i opredeleniya*. [Best available techniques. Environment. Terms and definitions] Moscow, Standartinform Publ., 2018, 35 p. (in Russian)
6. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR. Masshtab 1: 00 000. Seriya Tungusskaya. List P-47-XXX* [State geological map of the USSR. Scale 1: 200,000. Tunguska series. Sheet P-47-XXX]. D.I. Musatov (Ed.), Leningrad, Aerogeologiya Publ., 1980. Explanatory note., Moscow, Soyuzgeolfond Publ., 1986, 214 p. (in Russian)
7. Zav'yalov, A.N., Kalugin, Ye.N. *Drevesnyi ugol'* [Charcoal]. *Khimiya drevesiny*, 1978, no. 4, pp. 88–92. (in Russian)
8. *Instruktsiya po geokhimicheskim metodam poiskov rudnykh mestorozhdenii* [Instruction on geochemical methods of prospecting for ore deposits]. Ministry of Geology of the USSR. Moscow, Nedra, 1983, 191 p. (in Russian)
9. Korotkov, I.A. *Lesorastitel'noe raionirovanie Rossii i respublik byvshego SSSR* [Forest zoning of Russia and the republics of the former USSR]. *Uglerod v ekosistemakh lesov i bolot Rossii*. Krasnoyarsk, Institute of Forestry, SB RAS, 1994, pp. 29–47. (in Russian)
10. *Metodicheskie rekomendatsii po vyyavleniyu degradirovannykh i zagryaznennykh zemel'. Metodicheskie rekomendatsii Goskomzema Rossii ot 28/12/1994* [Methodological recommendations for identifying degraded and contaminated lands. Methodological recommendations of the State Committee for Land Resources of Russia dated December 28, 1994. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902101153> (in Russian)
11. *Natsional'nyi atlas pochv Rossiyskoi Federatsii* [National atlas of soils of the Russian Federation]. Moscow, Astrel Publ., 2011, 632 p. (in Russian)
12. Okolelova, A.A., Zheltobryukhov, V.F. *Osobennosti opredeleniya i normirovaniya nefteproduktov v pochvakh* [Peculiarities of determination and standardization of oil products in soils]. *Yestestvenno-gumanitarnye issledovaniya*, 2013, no. 1 (1), pp. 12–18. (in Russian)
13. Letter of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of the Russian Federation, data December 27, 1993 N 04-25 “On the procedure for determining the amount of damage from land pollution by chemical substances.” URL: <http://docs.cntd.ru/document/9033369> (in Russian)
14. Pyatygina, M.V., Mingaleeva, G.R. *Kompleksnoe ispol'zovanie torfa na osnovanii molekularnogo sostava ego organicheskoi massy* [Complex use of peat on the basis of the molecular composition of its organic mass]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Problemy energetiki*, 2017, vol. 19, no. 5–6, pp. 3–13. (in Russian)
15. *RD 52.18.718-2008 Organizatsiya i poryadok provedeniya nablyudenii za zagryazneniem pochv toksikantami promyshlennogo proiskhozhdeniya* [State Standard 52.18.718-2008 Organization and procedure for monitoring soil pollution by toxicants of industrial origin]. Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation, Rosgidromet. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200081126> (in Russian)
16. Sharafutdinov, R.A., Mitev, A.R., Romanov, A.A., Borisova, I.V. *Soderzhanie nefteproduktov v pochvennom pokrove g. Krasnoyarska* [The content of oil products in the soil cover of Krasnoyarsk]. *Vestnik KrasGAU*, 2018, no. 6 (141), pp. 289–293. (in Russian)
17. ISO 19258:2018 Soil quality – Guidance on the determination of background values. URL: <https://www.iso.org/standard/67982.html>