

УДК 550.42

Д. Н. БАЛЫКИН, А. В. ПУЗАНОВ, С. Н. БАЛЫКИН

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул

**ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДОЛИНЫ РЕКИ ВАСЮГАН
(ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Приведены результаты исследований почв, донных отложений, поверхностных вод долины р. Васюган на участке от устья до пос. Катильга (465 км). Установлены уровни удельной активности радионуклидов урана-238, тория-232, калия-40, цезия-137 в почвах и донных отложениях. Для отложений ила и песчанистого ила обнаружена большая аккумулирующая способность в отношении радионуклидов. Основными загрязнителями р. Васюган и ее притоков являются нефтепродукты, железо общее и алюминий.

Ключевые слова: радиоактивные элементы, почвы, донные отложения, поверхностные воды, долина р. Васюган, Томская область.

We report the results from investigating the soils, bottom sediments and surface waters of the Vasyugan river valley for the tract from the mouth to the settlement of Katyl'ga (465 km). Specific activity levels have been ascertained for radionuclides of uranium-238, thorium-232, potassium-40 and caesium-137 in soils and bottom sediments. Silt and sandy silt sediments have a high accumulating capacity with respect to radionuclides. Petroleum products, total iron and aluminum are the main pollutants of the Vasyugan river and its tributaries.

Keywords: radioactive elements, soils, bottom sediments, surface waters, Vasyugan river valley, Tomsk oblast.

ВВЕДЕНИЕ

Река Васюган — один из крупных левобережных притоков р. Обь длиной 1082 км. Площадь водосбора составляет 61 800 км². Истоком реки служит крупнейший в мире массив Васюганских болот. Бассейн реки располагается в таежной зональной области. Зональными являются озерно-аллювиальные аккумулятивные плоские равнины с западинами и гривами, по понижениям заболоченные, с темнохвойно-березовыми мелкотравно-вейниково-осоковыми и темнохвойно-осиновыми и березово-осиновыми травяными лесами, местами с березовыми и осиновыми молодняками с темнохвойным подростом; плоские равнины с заболоченными долинами, кедрово-елово-пихтовыми зеленомошно-мелкотравными хвощево-вейниковыми лесами; плоские равнины с заболоченными березово-вейниково-хвощевыми лесами с примесью ели, сосны и кедра [1].

Лесные ландшафты перемежаются комплексами аккумулятивных болот верховых грядово-мочажинных и грядово-мочажинно-озерковых, кустарничково-сфагновых с сосной и кедром на грядах, сфагновых и сфагново-осоковых в мочажинах; болот верховых плосковыпуклых сосново-кустарничковых, сфагново-кустарничково-сосновых и сфагново-кустарничково-пушицевых.

Поймы р. Васюган и ее крупных притоков плоские с протоками, старицами, заболоченные по понижениям, с останцами первой надпойменной террасы, с разнотравно-злаковыми лугами, парковыми и кустарниковыми ивняками, участками осиново-березовых с елью и пихтой влажнотравных лесов.

Грунтовые воды на плоских водораздельных поверхностях залегают на глубинах до 1 м (изменяясь по сезонам года), на склонах — 2–3 м. Водовмещающими породами служат суглинистые отложения с тонкими прослойками супесей, поэтому дренирующее влияние рек распространяется только на расстояние нескольких километров. В аллювиальных отложениях долин р. Васюган и ее многочисленных крупных (реки Нюролька и Чижалка) и мелких притоков грунтовые воды вскрываются на глубинах от 1 м у тыловых швов террас до 2 м у бровки.

Исследования долины Васюгана осуществлялись в рамках междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 66 «Разработка научных и технологических основ мониторинга и моделирования природно-климатических процессов на территории Большого Васюганского болота». В ходе экспедиционных работ в июле 2009 г. исследован участок долины р. Васюган от устья до пос. Катильга (465 км от устья).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объектов исследования выбраны основные компоненты субаквальных и супераквальных ландшафтов бассейна р. Васюган — почвы, поверхностные воды и донные отложения.

Почвенные разрезы были заложены на глубину, охватывающую все генетические горизонты. Выполнялось подробное описание морфологического строения профиля. Для почв определялись основные химические и физико-химические показатели: рН, емкость поглощения, содержание гумуса, карбонатов, различные формы минерального азота (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+), фосфор (P_2O_5), ионный состав водной вытяжки, а также гранулометрический состав. Определение проводилось по методикам, принятым в почвоведении [2].

Естественные радиоактивные элементы ($^{238}\text{U}(\text{Ra})$, ^{232}Th , ^{40}K и ^{137}Cs) в почвах и донных отложениях определяли гамма-спектрометрическим методом на основе методических разработок В. А. Боброва и А. М. Гофмана [3] в аналитическом центре ИГМ СО РАН. Плотность загрязнения почв ^{137}Cs рассчитывали по формуле: $P \text{ (мКи/км}^2\text{)} = 0,27 \times A \times d \times h$, где P — плотность загрязнения ^{137}Cs , нКи/м²; A — удельная активность, Бк/кг; d — объемная масса почвы, г/см³; h — мощность исследованного почвенного слоя, см; 0,27 — коэффициент пересчета [4].

В р. Васюган и ее главных притоках (реки Катыльга, Махня, Нюролька, Чижалка, Варингьёган, Сильга) определены основные гидрохимические показатели в соответствии с принятыми методиками [5]. Донные отложения отбирали с помощью ковшового дночерпателя Петерсона $S = 0,025 \text{ м}^2$ с глубиной отбора 0–10 см.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Почвенный покров долины р. Васюган. Основные физико-химические свойства и состав. На исследуемом участке реки выделены следующие типы и подтипы почв: аллювиальные слоистые, аллювиальные дерновые, аллювиальные луговые, дерново-подзолистые, подзолистые, аллювиальные болотные.

Бассейн р. Васюган относится к южнотаежной подзоне подзолистых почв. Преобладание хвойной растительности создает предпосылки для развития подзолообразования, главная роль в котором принадлежит растительному опаду. Равнинность центральных частей водоразделов, малая врезанность рек затрудняют сток поверхностных вод и приводят к поверхностному и грунтовому переувлажнению и преобладанию здесь полугидроморфного и гидроморфного почвообразования [6]. Почвообразующие породы бассейна Васюгана представлены озерными, флювиогляциальными и аллювиальными отложениями.

Актуальная кислотность (рН) почв долины Васюгана варьирует в широких пределах от сильно-кислой до слабощелочной. Кислая обстановка всего почвенного профиля характерна для аллювиальных дерновых кислых и дерново-подзолистых и подзолистых почв долины, что определяется характером наземной растительности, условиями гидроморфизма.

Развитие процессов заболачивания способствует значительному накоплению органического материала на поверхности почвы, образованию органогенных, органоминеральных горизонтов с высоким содержанием органических веществ различной степени разложения. Потери при прокаливании в нашем случае составляют 20–30 %, редко достигают 80–90 %. Содержание гумуса в органоминеральных и минеральных горизонтах почв составляет 0,1–9,0 %. Наиболее высокое содержание гумусовых веществ наблюдается в аллювиальных луговых почвах. С глубиной их содержание постепенно снижается, достигая минимума в породе.

Емкость катионного обмена (ЕКО) в исследуемых почвах хорошо коррелирует с содержанием гумуса, а также с содержанием тонкодисперсных фракций гранулометрического состава. ЕКО органоминеральных горизонтов находится в пределах 20–70 мг-экв/100 г почвы, минеральных — 4–30 мг-экв/100 г почвы.

Гранулометрический состав почв долины р. Васюган довольно разнообразен, что обусловлено их формированием на различных аллювиальных отложениях. Исследуемые почвы в основном относятся к супесчаным, легко- и среднесуглинистым разновидностям. Преобладающие здесь фракции — мелкий песок и крупная пыль, в отдельных случаях крупная пыль и ил. В дерново-подзолистых и подзолистых типах почв долины реки имеет место элювиально-иллювиальный характер распределения тонкодисперсной фракции гранулометрического состава.

Климатические условия накладывают отпечаток на качественный и количественный состав азотистых соединений почв. В холодных и переувлажненных почвах накапливается больше полуразложившихся, «законсервированных» растительных остатков (торфянистые почвы) с широким отношением углерода к азоту [7]. В исследуемых почвах такое отношение C:N характерно для оторфованных и перегнойных горизонтов.

Среднее содержание валового азота в гумусовых горизонтах почв долины реки составляет $0,3 \pm 0,02$ %. В отдельных случаях (оторфованные горизонты) его содержание достигает 3 %. Из минеральных форм азота в водной вытяжке почв преобладают нитраты. Гумусовые горизонты почв долины реки являются средне- и высокообеспеченными в отношении подвижного фосфора. В среднем его содержание составляет $8,8 \pm 0,9$ мг/100 г почвы. Содержание водорастворимого фосфора невысокое — $0,009-0,03$ мг/100 г почвы.

Таким образом, почвообразование на исследуемой территории протекает преимущественно в условиях кислой, слабокислой реакции среды при сезонной смене окислительно-восстановительной обстановки, что создает предпосылки для миграции элементов с переменной валентностью и подвижных в кислой среде.

Радиоактивные элементы в почвах долины р. Васюган. Уровни удельной активности естественных радионуклидов в почвах долины Васюгана в целом соответствуют среднемировым значениям. Величина торий-уранового отношения определяется как нормальное значение для почв, не подверженных техногенному воздействию, и составляет 2,7–4,0. У большинства почв различных регионов, стран и континентов (вне зависимости от генетического типа почв и природно-климатических зон) эта величина составляет 3–5 [8]. Пределы колебаний удельной активности ^{238}U , ^{232}Th и ^{40}K в органоминеральных и минеральных горизонтах почв долины составляют 1,7–54,2, 7,7–26,2 и 42,0–1347 Бк/кг соответственно. В целом относительно высокие уровни удельной активности естественных радионуклидов характерны для аллювиальных слоистых и дерновых почв долины, а минимальные — для болотно-подзолистых почв (табл. 1).

Удельная активность ^{137}Cs в почвах долины Васюгана значительно варьирует. Пределы колебаний его удельной активности составляют 2–115 Бк/кг. Значительная часть удельной активности радионуклида приходится на поверхностные органоминеральные и органоминеральные горизонты — лесную подстилку (A_0), гумусовые горизонты A_d , перегнойные и оторфованные и торфяные горизонты (A_n и T). Глубже 20 см удельная активность ^{137}Cs , как правило, менее 1 Бк/кг. Плотность загрязнения почв ^{137}Cs на локальных участках долины реки превышает уровень глобального фона для таежной зоны (около 50 мКи/км²). Неравномерный характер распределения плотности загрязнения почв радиоцезием связан с пространственной неоднородностью исходных выпадений радиоактивных осадков и последующим перераспределением их в процессе миграции, а также с биогеохимическими особенностями наземной растительности. Высокая плотность загрязнения характерна для аллювиальных дерновых, болотно-подзолистых и луговых почв долины.

Таблица 1

Средние значения удельной активности естественных радионуклидов в почвах долины р. Васюган, Бк/кг

Тип почвы	$^{238}\text{U}(\text{Ra})$	^{232}Th	^{40}K
Аллювиальные дерновые слоистые кислые	$29,0 \pm 2,5$	$25,2 \pm 1,2$	$532,1 \pm 18,8$
Аллювиальные дерновые кислые	$26,5 \pm 1,3$	$27,7 \pm 0,8$	$406,9 \pm 15,7$
Аллювиальные луговые кислые	$23,9 \pm 1,3$	$26,5 \pm 0,8$	$406,9 \pm 18,8$
Аллювиальные лугово-болотные	$22,7 \pm 1,3$	$28,1 \pm 0,8$	$469,5 \pm 6,3$
Дерново-подзолистые	$20,2 \pm 1,3$	$18,3 \pm 1,2$	$469,5 \pm 15,7$
Болотно-подзолистые	$15,1 \pm 1,3$	$16,3 \pm 1,6$	$375,6 \pm 21,9$
Почвы Томской области [8]	30,2	34,6	—
Кларк в почвах, по А. П. Виноградову [9]	12,6	24,4	438,2
Почвы мира [10]	32	32	450

Примечание. Прочерк — нет данных.

Радиоактивные элементы в донных отложениях р. Васюган и ее притоков. Поступление радионуклидов в речную систему с твердым стоком может происходить в результате эрозионных процессов.

Донные отложения — это сложная многокомпонентная система, представленная главным образом органической (аморфной) и минеральной составляющими. Аморфный компонент включает в себя органоминеральные комплексы, фульво- и гуминовые кислоты, аморфные оксиды железа и кремния. Минеральная составляющая представлена смесью минералов. С аморфной составляющей донных отложений ее связывают их основные сорбционные свойства и способность к накоплению вредных веществ [11].

Сорбция радионуклидов на переносимых рекой взвезях и ранее отложившихся частицах в верхних слоях осадков является доминирующим фактором миграции и накопления радиоизотопов в донных отложениях [12]. Сорбционные свойства донных отложений определяются главным образом их вещественным и гранулометрическим составом [13]. Знание состава донных отложений и распределения в них радионуклидов позволяет дать прогноз радиационного состояния контролируемого объекта при проведении радиоэкологического мониторинга окружающей среды [11]. Гранулометрический состав донных отложений, отобранных в основном русле р. Васюган на исследуемом участке, крупнопылеватого-мелкопесчаный. Состав донных отложений притоков первого порядка существенно различался: крупно-мелкопесчаный — реки Чижалка и Сильга, иловато-крупнопылеватый — р. Нюролька, крупнопылеватого-мелкопесчаный — реки Катыльга и Варингъёган, мелкопесчано-крупнопылеватый — р. Махня.

По классификации М. В. Кленовой [14], исследованные донные отложения можно отнести к четырем типам: песок, песчанистый ил, илистый песок, ил. Преобладающими из них являются илистый песок и песчанистый ил. Содержание органических веществ в осадках в пересчете на углерод невысокое, в среднем составляет 0,8 %. По относительно высокому содержанию углерода в донных отложениях рек первого порядка выделяется р. Варингъёган, а по содержанию ила — р. Нюролька.

В табл. 2 приведены данные удельной активности естественных радионуклидов (ЕРН) и ^{137}Cs в различных типах донных отложений р. Васюган и ее притоков. Как показывают результаты, радиоцезий в минимальных количествах присутствует лишь в отложениях притоков.

Таблица 2

Распределение изотопа ^{137}Cs , ЕРН и суммарной активности радионуклидов в донных отложениях р. Васюган и ее притоков, Бк/кг

Тип донных отложений	Река, место отбора проб (расстояние от устья, км)	^{238}U	^{232}Th	^{40}K	$A_{\text{эфф}}$	^{137}Cs
Ил	Васюган (66)	28,3	26,1	514	67	Н. о.
	Нюролька (193)	18,6	30,6	427	62	2
Песчанистый ил	Васюган (465)	24,6	23,5	459	59	Н. о.
	Васюган (335)	20,4	19,0	476	49	Н. о.
	Васюган (193)	16,5	22,6	459	50	Н. о.
	Васюган (115)	22,3	17,5	458	49	Н. о.
	Васюган (115)	12,0	13,0	354	32	Н. о.
	Васюган (66)	25,2	17,9	520	53	Н. о.
	Сильга (66)	44,5	19,1	324	72	4
Варингъёган (335)	20,2	21,7	487	53	2	
Илистый песок	Васюган (465)	19,6	16,1	517	45	Н. о.
	Васюган (335)	18,6	10,3	510	36	Н. о.
	Васюган (193)	17,2	15,7	477	42	Н. о.
	Катыльга (465)	16,3	15,9	554	42	Н. о.
	Чижалка (115)	10,3	8,5	462	25	Н. о.
Песок	Махня (400)	14,0	4,5	374	23	3

Примечание. Н. о. — не обнаружено.

По величине удельной эффективной активности типы донных отложений р. Васюган и ее притоков можно расположить в следующем порядке: ил > песчанистый ил > илистый песок > песок. Очевидно, донные отложения, в большей степени обогащенные илистой фракцией, обладают высокой аккумулярующей способностью. Для отложений ила и песчанистого ила характерны высокие значения удельной активности ^{238}U и ^{232}Th . Подобные закономерности в отношении аккумуляции ЕРН отмечают в своих исследованиях А. М. Шатохин и др. [11] для донных отложений в акватории Московского региона, где указывалось, что максимальной аккумулярующей способностью в отношении радионуклидов обладает илистый тип донных отложений, а смешанные типы занимают промежуточное положение. Пики удельной активности калия отмечаются в отложениях илистого песка и песчанистого ила (см. табл. 2).

Для выявления влияния гранулометрического и вещественного состава донных отложений на содержание ЕРН рассчитаны коэффициенты парной корреляции для каждого элемента. Расчеты показали, что с повышением концентрации органического вещества в донных отложениях увеличивается удельная активность урана-238 ($r = 0,5$). С повышением концентрации органического вещества и ила возрастает удельная активность тория-232 ($r = 0,6$ и $0,8$ соответственно). На уровень удельной активности калия-40 в донных отложениях значительное влияние оказывает гранулометрический состав. В частности, с увеличением фракции $0,25-0,05$ мм (мелкий песок) в донных отложениях удельная активность калия-40 возрастает ($r = 0,6$).

Основные гидрохимические показатели р. Васюган и ее притоков. По химическому составу воды р. Васюган и ее притоков являются гидрокарбонатными кальциевыми, а по соотношению концентраций главных ионов в основном соответствуют второму типу по классификации О. А. Алёкина [15], что указывает на формирование макрокомпонентного состава исследуемых вод при взаимодействии преимущественно с осадочными породами. По величине рН воды р. Васюган и ее притоков на исследуемом участке относятся в основном к нейтральным и слабокислым. По степени минерализации характеризуются как ультрапресные ($<0,2$ г/дм³) и пресные ($0,2-0,5$ г/дм³).

Формирование химического состава р. Васюган происходит за счет поступления химических веществ с притоками, поверхностным стоком, в результате выщелачивания выстилающих долину осадочных пород. Значительная заболоченность территории бассейна (30–40 %), очевидно, оказывает существенное влияние на качество речных вод.

Таблица 3

Содержание микроэлементов в воде р. Васюган и ее притоков, мг/дм³

Река, место отбора проб (расстояние от устья, км)	Fe _{общ}	Si	F	Sr	Al
Васюган (465)	2,3	2,9	0,1	0,08	8,3
Васюган (400)	2,1	3,2	<0,1	0,09	0,7
Васюган (335)	2,0	2,4	<0,1	0,08	0,8
Васюган (193)	2,0	3,0	<0,1	0,07	1,1
Васюган (115)	2,4	3,6	<0,1	0,07	0,7
Васюган (66)	2,4	3,6	<0,1	0,07	0,7
Васюган (14)	2,6	3,7	<0,1	0,09	0,3
<i>Притоки</i>					
Катыльга (465)	3,2	1,8	<0,1	0,12	0,8
Махня (400)	3,1	3,1	<0,1	0,07	1,0
Варингёган (335)	5,1	1,2	<0,1	0,06	0,5
Нюролька (193)	2,3	4,3	<0,1	0,06	0,6
Чижалка (115)	2,6	4,7	<0,1	0,08	0,4
Сильга (66)	3,8	2,7	<0,1	0,08	2,0
ПДК [17]	0,3	10	1,5	7,0	0,5

Примечание. Анализ выполнен в ТФ ИНГГ СО РАН, г. Томск.

Преобладающими микроэлементами в составе вод Васюгана и его притоков являются кремний, железо и алюминий. Максимальные пики содержания общего железа (р. Варингёган), кремния (р. Чижалка) встречаются в притоках р. Васюган, алюминия — в основном русле (р. Васюган, 465 км).

Сравнение полученных концентраций элементов в речных водах с ПДК (предельно допустимая концентрация в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования) показало превышения показателей по общему железу и алюминию (табл. 3), что связано с интенсивными процессами выноса данных элементов с водосборов и чему способствуют сложившиеся на данной территории биогеохимические условия, а также с возможным поступлением существенных концентраций данных элементов с болотными водами. В частности, концентрации железа в воде р. Васюган и ее притоков количественно приближаются к составу вод верховых и переходных болот Васюганского массива [16].

Содержание кремния, стронция и фтора в водах Васюгана и его притоков невысокое. В целом необходимо отметить, что концентрации

Концентрация биогенных элементов, органических соединений, растворенного кислорода в воде р. Васюган и ее притоков, мг/дм³

Река, место отбора проб (расстояние от устья, км)	Углерод		NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Нефте-продукты	Фенол	O ₂
	ФК	ГК							
Васюган (465)	28,8	7,2	1,9	<0,003	1,5	0,2	9,2	<0,002	6,2
Васюган (400)	19,2	4,2	2,2	<0,003	1,8	0,3	6,4	0,005	—
Васюган (335)	48,3	7,8	1,5	<0,003	1,7	0,2	3,1	0,010	6,1
Васюган (193)	35,0	0,6	1,0	<0,003	1,9	0,3	2,8	0,003	6,1
Васюган (115)	42,8	9,0	1,3	0,005	2,2	0,3	15,4	<0,002	6,2
Васюган (66)	21,8	10,8	0,9	0,008	2,4	0,4	10,9	<0,002	6,5
Васюган (14)	12,6	5,4	1,0	<0,003	2,4	0,4	10,6	0,003	6,4
<i>Притоки</i>									
Катыльга (465)	32,0	10,8	1,9	<0,003	2,0	0,4	7,2	<0,002	4,9
Махня (400)	28,0	8,4	1,6	<0,003	1,6	0,3	3,0	0,003	5,3
Варингъёган (335)	25,8	6,6	2,1	<0,003	0,7	1,3	1,1	<0,002	5,4
Нюролька (193)	23,4	3,0	1,1	0,005	1,4	0,3	4,6	<0,002	6,6
Чижапка (115)	25,2	3,6	0,9	0,013	2,0	0,4	7,7	<0,002	6,7
Сильга (66)	32,8	10,8	0,7	0,008	1,9	0,6	1,1	<0,002	6,5
ПДК [15]	—	—	2,0	3,3	45	3,5	0,3	0,001	—

Примечание. Анализ выполнен в ТФ ИНГГ СО РАН, г. Томск.

микроэлементов на всем протяжении реки изменяются незначительно, за исключением концентраций алюминия (р. Васюган, 465 км) (см. табл. 3). Из соединений биогенных элементов в речных водах преобладают нитраты, аммоний и фосфаты. Высокие концентрации аммония на уровне ПДК обнаружены в основном русле реки (р. Васюган, 400 км) и в притоках (реки Варингъёган, Катыльга). На всем протяжении Васюгана концентрации веществ варьируют незначительно, количественно они близки к составу притоков (табл. 4).

Содержание растворенного кислорода существенно для аэробного дыхания гидробионтов, он является индикатором биологической активности в водоемах. Полученные данные показывают, что Васюган и его притоки (Катыльга, Махня и Варингъёган) по содержанию растворенного кислорода относятся к III и IV категориям, т. е. умеренно загрязненным и загрязненным соответственно.

Из гумусовых веществ в воде рек исследуемой территории отмечается значительное преобладание фульвокислот (ФК) над гуминовыми (ГК). Это обусловлено преобладанием болотно-подзолистого типа почвообразования на водоразделах, способствующего образованию и выносу ФК в значительных количествах в речные системы в условиях гумидного климата, не исключено также их поступление с болотными водами.

По данным Д. С. Воробьева [18], наиболее мощным источником загрязнения наземных и водных экосистем в бассейне р. Васюган являются нефть и нефтепродукты. Нами отмечается увеличение концентраций нефтепродуктов в направлении к устью реки. Из притоков первого порядка особенно загрязнены нефтепродуктами реки Катыльга (465 км) и Чижапка (115 км) (см. табл. 4). Несмотря на достаточно высокий уровень загрязнения речных вод нефтепродуктами, уровень концентрации фенолов в них остается низким.

ВЫВОДЫ

Почвообразование на исследуемой территории протекает преимущественно в условиях кислой и слабокислой реакции среды при сезонной смене окислительно-восстановительной обстановки, что создает предпосылки для миграции элементов с переменной валентностью, подвижных в кислой среде.

Уровни удельной активности естественных радионуклидов в почвах долины и донных отложениях р. Васюган приблизительно соответствуют среднемировым значениям. Величина торий-уранового отношения оценивается как значение для почв, не подверженных техногенному воздействию. Плотность загрязнения почвенного покрова долины реки цезием-137 значительно варьирует и только в отдельных случаях превышает фоновые показатели для таежной зоны.

Высокие уровни удельной активности естественных радионуклидов характерны для ила и песчанистого ила донных отложений р. Васюган и ее притоков. Вещественный и гранулометрический состав донных отложений оказывает существенное влияние на уровни удельной активности естественных радионуклидов. Приоритетными загрязняющими веществами являются нефтепродукты, железо общее и алюминий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ландшафтная** карта СССР, м-б 1:2 500 000 / Ред. И. С. Гудилин. — М., 1987.
2. **Аринушкина Е. В.** Руководство по химическому анализу почв. Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. — 487 с.
3. **Бобров В. А., Гофман А. М.** Лабораторный гамма-спектрометрический анализ естественных радиоактивных элементов: метод. разраб. — Новосибирск: Ин-т геологии и геофизики СО АН СССР, 1971. — 68 с.
4. **Экогеохимия** Западной Сибири. Тяжелые металлы и радионуклиды / Ред. Г. В. Поляков. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1996. — 248 с.
5. **Резников А. А.** Методы анализа природных вод. — М.: Недра, 1970. — 486 с.
6. **Гаджиев М. А.** Почвы бассейна р. Васюган. — Новосибирск: Наука, 1976. — 144 с.
7. **Кудеяров В. Н.** Цикл азота в почве и эффективность удобрений. — М.: Наука, 1989. — 216 с.
8. **Рихванов Л. П., Нарзулаев С. Н., Язиков Е. Г. и др.** Геохимия почв и здоровье детей Томска. — Томск: Изд-во Том. ун-та, 1993. — 142 с.
9. **Алексеев В. А.** Экологическая геохимия. — М.: Логос, 2000. — 627 с.
10. **Алексахин Р. М., Архипов Н. П., Бархударов Р. М. и др.** Тяжелые естественные радионуклиды в биосфере: Миграция и биологическое действие на популяции и биогеоценозы. — М.: Наука, 1990. — 368 с.
11. **Шатохин А. М., Красоткин В. А., Никифорова С. Е. и др.** Распределение ^{137}Cs и естественных радионуклидов по типам донных отложений в акватории Московского региона // АНРИ. — 2007. — № 2. — С. 44–48.
12. **Закономерности** распределения и миграции радионуклидов в долине р. Енисей / Ф. В. Сухоруков, А. Г. Дергерменджи, В. И. Белолипецкий и др. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2004. — 286 с.
13. **Иванов А. Ю.** Геохимия U и Th в донных отложениях непроточных водоемов и озер юга Томской области // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Материалы III Междунар. конф., г. Томск, 23–27 июня 2009 г. — Томск: STT, 2009. — С. 209–211.
14. **Кленова М. В.** Осадки Баренцева моря // Докл. АН СССР. Нов. серия. — 1940. — Т. 26, № 9. — С. 803–807.
15. **Алёкин О. А.** Основы гидрохимии. — Л.: Гидрометеоздат, 1970. — 444 с.
16. **Шварцев С. Л., Рассказов Н. М., Сидоренко Т. Н., Здвижков М. А.** Геохимия природных вод Большого Васюганского болота // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития. — Томск: Изд-во Ин-та оптики атмосферы СО РАН, 2002. — С. 139–149.
17. **Гидрохимические** показатели состояния окружающей среды / Под ред. Т. В. Гусевой. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2010. — 192 с.
18. **Воробьев Д. С., Попков В. К.** Нефтепродукты в воде и донных отложениях бассейна р. Васюган // Изв. Том. политехн. ун-та. — 2005. — Т. 308, № 4. — С. 48–50.

Поступила в редакцию 1 декабря 2011 г.