

Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

УДК 504.06 (571.56)

DOI 10.31242/2618-9712-2019-24-2-3

Экологический мониторинг в районах падения отделяющихся частей ракетносителя «Союз-2» на территории Якутии

Л.С. Волкова¹, В.Н. Макаров^{2,*}

¹Министерство охраны природы Республики Саха (Якутия), Якутск, Россия

²Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск, Россия

*vnmakarov@mpi.ysn.ru

Аннотация. Анализируются результаты экологического геохимического мониторинга в районах падения отделяющихся частей ракет-носителей (РП ОЧРН) «Союз-2». В районах, расположенных на территории Республики Саха (Якутия), было выполнено экологическое обследование на мониторинговых площадках: оценка состояния окружающей среды до пуска и после падения отделяющихся частей ракет-носителей. По результатам химико-аналитических исследований снега и почвы установлены локальные загрязнения снежного покрова и почв тяжелыми металлами и нефтепродуктами, превышающие фоновые концентрации, которые соответствуют допустимому или низкому уровню загрязнения.

Ключевые слова: экология, районы падения отделяющихся частей ракет-носителей, окружающая среда, снежный покров, почва, нефтепродукты, микроэлементы.

DOI 10.31242/2618-9712-2019-24-2-3

Ecological monitoring in the regions where the separating parts of the Soyuz-2 rocket carrier fall at the territory of Yakutia

L.S. Volkova¹, V.N. Makarov^{2,*}

¹Ministry of Nature Protection of the Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russia

²P.I. Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, Russia

*vnmakarov@mpi.ysn.ru

Abstract. The results of the ecological geochemical monitoring in the regions where the separating parts of Soyuz-2 rocket carriers fall are analyzed. Ecological survey was carried out at monitoring sites at the territory of the Republic of Sakha (Yakutia): the state of environment was evaluated before the launch of the separating parts of rocket carriers and after their fall. Chemical analytical examination of snow and soil revealed local pollution of the snow cover and soil with heavy metals and petroleum products at a level exceeding the background concentrations and corresponding to the permissible or low level of pollution.

Key words: ecology, regions in which the separating parts of rocket carriers fall, environment, snow cover, soil, petroleum products, trace elements.

Введение

Одним из приоритетов современного общества является обеспечение экологической безопасности человека. Проблемам обеспечения

экологической безопасности ракетно-космической деятельности посвящен ряд исследований последних лет [1–6]. Падение отделяющихся частей ракетносителя «Союз-2» с космодрома

«Восточный» на территории Вилуйского, Алданского и Кобяйского районов вызывает закономерную тревогу общественности Якутии.

Трасса для выведения космических аппаратов на солнечно-синхронную орбиту с наклоном 98° при пусках с космодрома «Восточный» проходит над Амурской областью и Республикой Саха (Якутия). На территории Якутии эпизодически используются три района падения (РП) отделяющихся частей ракетносителя (ОЧРН) «Союз-2»: РП 983 для приема головного обтекателя в Алданском районе и РП 985 для приема центрального блока и хвостового отсека третьей ступени ракетносителя на территории Вилуйского и Кобяйского районов (рис. 1).

Район падения РП 983 – Алданский, представляет собой эллипс с размерами большой полуоси – 45 км, малой – 25 км; РП 985 – Вилуйский, соответственно 75 и 50 км, Кобяйский – 100 и 60 км (рис. 2).

В 2018 г. Республиканским информационно-аналитическим центром экологического мониторинга Министерства охраны природы Республики Саха (Якутия) проведено предпусковое и послепусковое экологическое обследование в районах падения ОЧРН «Союз-2». В экологических исследованиях принимали участие научные учреждения республики и Институт водных и экологических проблем СО РАН, представители муниципальных образований и Общественного экологического комитета «Вилуй».



Рис. 1. Районы падения фрагментов ракет на территории РС(Я):
1 – Алданский (РП 983), 2 – Вилуйский (РП 985), 3 – Кобяйский (РП 985).

Fig. 1. Areas of falling of fragments of rockets on the territory of the RS (Y):
1 – Aldan (RP 983), 2 – Vilyuysky (RP 985), 3 – Kobyaysky (RP 985).

В районах падения ОЧРН проведено геохимическое опробование снежного покрова и почв. Общее количество геохимических проб, отобранных в январе–феврале и мае–июне 2018 г., приведено в табл. 1.

Материалы и методы

Аналитические исследования проведены в аккредитованных лабораториях ГБУ РС(Я) «РИА-

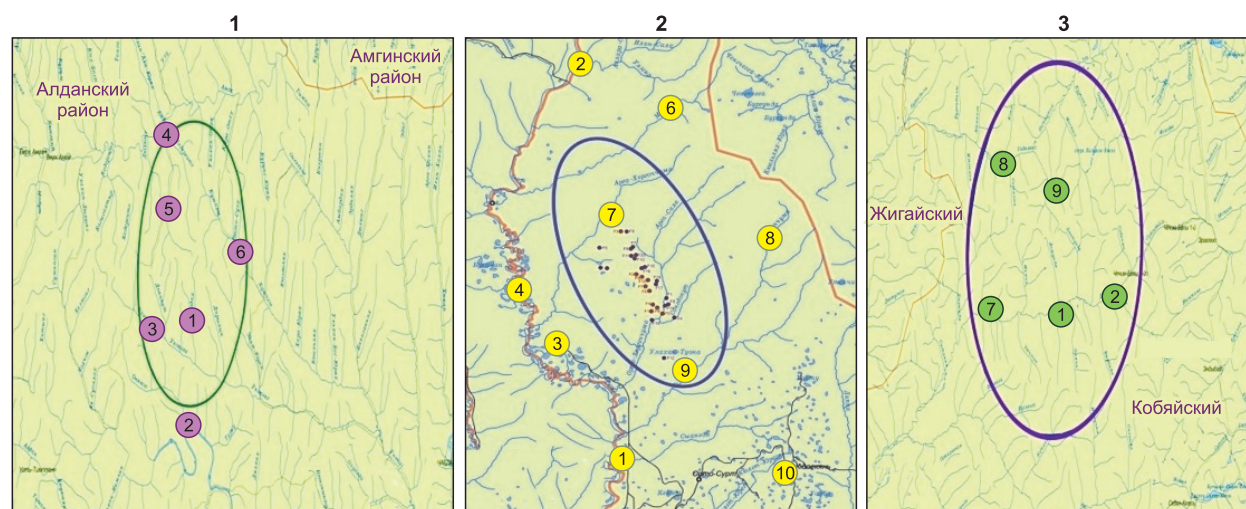


Рис. 2. Мониторинговые площадки в районах падения отделяющихся частей ракетносителя.

Fig. 2. Monitoring sites in the areas of falling of separated parts of the launch vehicle.

Геохимические пробы, отобранные в районах падения ОЧРН (2018 г.)

Table 1

Geochemical samples taken in the areas of the fall of EPR (2018)

Снежный покров				
Район	До пуска		После падения	
	Кол-во проб	Дата	Кол-во проб	Дата
Алданский (РП 983)	9	26.01	22	01–06.02
Вилуйский (РП 985)	8	29.01	11	01–06.02
Кобяйский (РП 985)	-	-	6	08–13.02
Почвы				
Вилуйский (РП 985)	Кол-во проб			Дата
	Фоновый участок	Фрагменты	Всего проб	
	18	17	35	25.05–01.06

ЦЭМ» и ИМЗ СО РАН. Кроме того, для многокомпонентных анализов часть проб были исследованы в лаборатории Института проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (г. Черноголовка, Московская обл.).

Состав контролируемых показателей талой воды (снегового покрова) включал: макрокомпоненты, биогенные элементы (фосфаты, аммоний, нитрит- и нитрат-ионы), железо общее, pH, Eh; органические загрязнители – нефтепродукты (НП), фенолы (Ф), бенз(а)пирен (БП); микроэлементы – Sr, Li, F, Cu, Zn, Mn, Al, Cd, Ni, Pb.

Определение контролируемых геохимических показателей выполнялось современными методами (потенциометрический, капиллярный-электрофорез, фотометрический, флуориметрический, атомно-абсорбционный и жидкостной хроматографии), внесенными в Государственный реестр методик, допущенных для государственного и производственного экологического контроля.

Результаты и обсуждение

Снежный покров. Для снежного покрова всех типов мерзлотных ландшафтов, распространенных в районах исследований, характерно идентичное соотношение главных ионов, типичное для среднетаежных мерзлотных ландшафтов Якутии: $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^-$; $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{K}^+$ [7]. Величина минерализации талой воды снежного покрова очень низкая – 4–9 мг/л. Величина pH колеблется в диапазоне 5,35–7,01 и соответствует кислотности незагрязненных атмосферных осадков [8].

Падение ОЧРН в Вилуйском и Алданском районах не привело к трансформации макрокомпонентного состава снежного покрова на их территории, но вызвало существенное изменение концентрации органических соединений и большого спектра микроэлементов (табл. 2).

Состав геохимических аномалий, образовавшихся в снежном покрове после падения ОЧРН, и степень их контрастности обнаруживают в районах мониторинга как сходство, так и различия (табл. 3), что определяется различным составом фрагментов РП 983 (головной обтекатель) и РП 985 (центральный блок и хвостовой отсек).

Общим для районов мониторинга является повышение содержания в снежном покрове после пуска таких компонентов, как фенолы, Fe, Sr и Pb. Индивидуальные черты загрязнения отмечаются в возникновении аномалий фосфатов в Алданском районе (РП 983) и широкой гаммы компонентов Li, Al, Mn и, возможно, Cd в Вилуйском районе (РП 985).

Качественные и количественные характеристики большинства аномальных компонентов, таких как фенолы, нефтепродукты и свинец, снижаются с удалением от фрагментов ОЧРН на 10 и 100 м.

Концентрация фенолов в снежном покрове у фрагментов ОЧРН 0,0031 мг/л, значительно выше фоновых значений (0,0013 мг/л), и остается постоянной на расстоянии в 10 – (0,0036) и 100 м (0,0028 мг/л). Если предположить, что содержание фенолов будет равномерно понижаться по мере удаления от места падения фрагментов, то

Таблица 2

Химический состав снежного покрова в районах мониторинга до и после падения ОЧРН

Table 2

The chemical composition of snow cover in the areas of monitoring before and after the fall of EPR

Компонент	Вилуйский район (фрагменты ракет)	Алданский район (РП 983)		Вилуйский район (РП 985)		Кобяйский район
		До пуска	После падения	До пуска	После падения	После падения
	05.02.18	26.01.18	01.02.18	29–30.01.18	01–06.02.18	13.02.18
pH	5,80	5,86	5,78	6,01	6,00	6,6
Eh	589	571	558	572	572	Не опр.
M	7,88	6,21	6,34	7,69	7,20	4,0
Sr	0,020	0,002	0,008	0,008	0,013	0,29
Li	0,0010	0,0012	0,0016	0,0010	0,0010	<0,25
F	0,019	0,018	0,020	0,036	0,016	0,76
P	0,093	0,004	0,079	0,158	0,072	<0,5
Ca	1,32	0,85	0,79	1,09	0,98	0,118
Mg	0,57	0,57	0,53	0,71	0,68	1,25
Na	0,43	0,30	0,32	0,37	0,32	0,38
K	0,20	0,13	0,08	0,14	0,13	0,75
NH ₄	0,09	0,11	0,04	0,09	0,08	<0,02
HCO ₃	7,92	5,42	5,61	7,23	6,93	0,277
SO ₄	0,40	0,36	0,25	0,36	0,32	<0,25
Cl	0,305	0,39	0,29	0,47	0,30	<0,01
NO ₂	0,025	0,02	0,01	0,02	0,02	Не опр.
NO ₃	0,595	0,62	0,44	0,59	0,61	<0,05
Ф	0,0031	0,0009	0,0018	0,0013	0,0025	0,066
НП	0,064	0,026	0,036	0,023	0,029	0,0017
Fe	<0,050	<0,050	0,055	<0,050	0,054	0,0065
Cu	0,0021	0,0012	0,0015	0,0013	0,0016	0,007
Zn	0,045	0,0045	0,0031	0,0057	0,0037	0,0505
Mn	0,0118	0,0066	0,0048	0,004	0,0117	<0,0001
Al	0,028	0,011	0,0126	<0,010	0,0166	0,0016
Cd	0,00096	0,00007	0,00005	<0,0001	<0,0001	0,0020
Ni	0,0025	0,00141	0,0016	0,0014	0,0016	0,0027
Pb	0,073	0,00088	0,0021	0,0022	0,0027	0,029
БП	0,00087	Не опр.	0,00104	Не опр.	0,0004	<0,0001

Примечание: БП – бенз(а)пирен ; Ф – фенолы; НП – нефтепродукты.

Таблица 3

Изменение содержания микрокомпонентов и контрастности аномалий в снежном покрове

Table 3

Changes in the content of microcomponents and contrast of anomalies in snow cover before and after the crash

Район	Контрастность аномалий (после пуска/до пуска)				
	10n	5	5–2	1,5–1,1	0,n
Алданский (РП 985)	P	Fe	Ф, Pb	Sr, Al, Ni, НП	Zn, Mn, Li, БП
Вилуйский (РП 985)	Li	Fe	Al, Mn, Ф, Cd?	Sr, НП, Cu, Pb, Ni	Cl, P, F, Zn
Кобяйский (РП 983)	-	Fe	Ф	Pb, Sr	Li, P, N, Mn, Al, НП

Примечание: БП – бенз(а)пирен; Ф – фенолы; НП – нефтепродукты; Кобяйский район – ориентировочно.

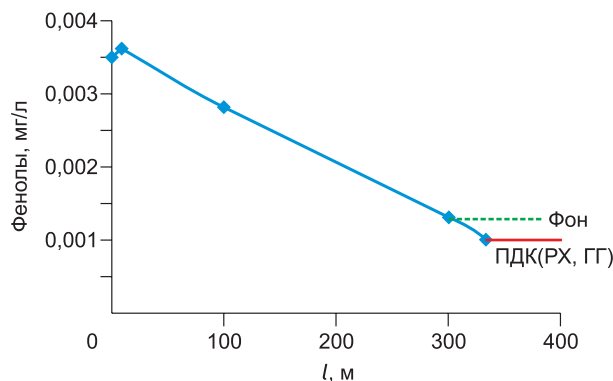


Рис. 3. Изменение концентрации фенолов в снежном покрове на удалении от фрагментов ОЧРН (РП 985).

Fig. 3. Changes in the concentration of phenols in the snow cover at a distance from fragments OCHR (RP 985).

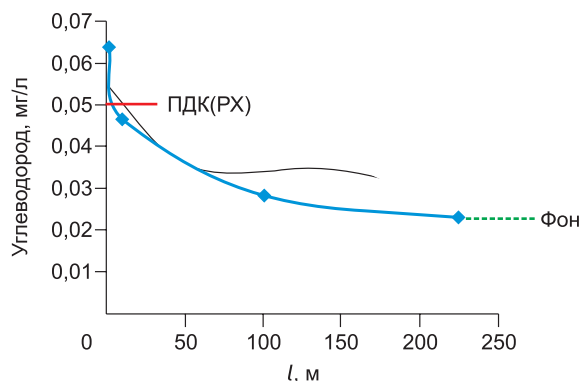


Рис. 4. Изменение концентрации нефтепродуктов в снежном покрове на удалении от фрагментов ОЧРН (РП 985).

Fig. 4. Changes in the concentration of petroleum products in the snow cover at a distance from fragments OCHR (RP 985).

уровень значений фона и выход за пределы санитарных норм будет достигнут на расстоянии 300–350 м (рис. 3).

Концентрация нефтепродуктов в снежном покрове резко понижается с удалением от фрагментов ОЧРН: у обломков – 0,064, на расстоянии 10 м – 0,047, 100 м – 0,028 мг/л. Однако и на расстоянии 100 м концентрация нефтепродуктов еще остается высокой и достигнет фоновых значений – 0,023 мг/л на удалении около 220 м от фрагментов ОЧРН (рис. 4).

Экологическое влияние падения ОЧРН на снежный покров ограничено. Непосредственно у фрагментов концентрация нефтепродуктов превышает рыбохозяйственные санитарные нормы ($ПДК_{рх}$), однако уже на расстоянии 10 м становится ниже $ПДК_{рх}$.

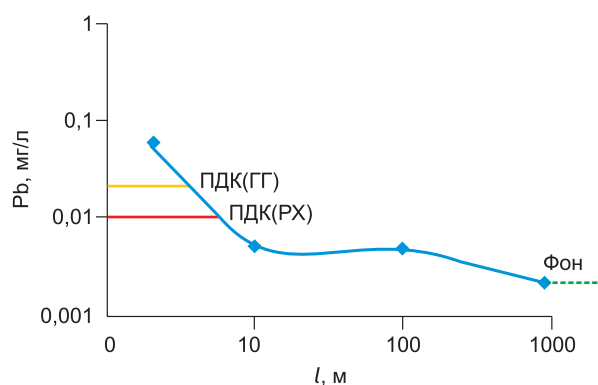


Рис. 5. Изменение концентрации Pb в снежном покрове на удалении от фрагментов ОЧРН (РП 985).

Fig. 5. Change in Pb concentration in snow cover at a distance from fragments OCHR (RP 985).

Максимальные значения концентрации свинца (0,059 мг/л) в снежном покрове наблюдаются непосредственно у фрагментов ОЧРН, где они в 2–6 раз превышают как гигиенические ($ПДК_{гг}$), так и рыбохозяйственные ($ПДК_{рх}$) нормы для природных вод и в 27 раз выше фоновых значений. В 10 м от фрагмента ОЧРН содержание Pb снижается почти на порядок, до 0,0052 мг/л, и остается практически на этом уровне, слабо понижаясь до 0,0049 мг/л в 100 м от обломков ракеты. По расчетам, концентрация Pb может снизиться до фоновых значений примерно в 900 м от фрагмента ОЧРН (рис. 5).

В экологическом отношении непосредственно под фрагментами в снежном покрове наблюдаются превышения гигиенических нормативов [9] по бенз(а)пирену (в 174 раза), по фенолам и свинцу (в 2–3 раза); по рыбохозяйственным ПДК – для Pb, Zn, Cu и фенолов (в 2–6 раз).

На расстоянии 100 м от фрагмента превышение $ПДК_{гг}$ наблюдается только по фенолам (в 2,8 раза); $ПДК_{рх}$ – также по фенолам (в 2,8 раз). Присутствие фенолов в снежном покрове, возможно, связано не только с техногенными, но и с природными процессами. К естественным источникам относится поступление фенола с частицами пыли и выделениями в атмосферу растительностью. Значительное загрязнение атмосферы фенолами происходит и при лесных пожарах.

Загрязнение снежного покрова (атмосферы) на участках падения фрагментов ракет в основном ограничивается радиусом около 100 м. Более обширные малоконтрастные техногенные аномалии с концентрацией загрязнителей ниже сани-

Таблица 4

**Содержание компонентов в почвах, отобранных из-под фрагмента (РН 985)
и на фоновом участке (Вилуйский район), мг/кг**

Table 4

**The content of components in soils selected from under the fragment (РН 985)
and in the background area (Vilyuy district), mg / kg**

Компонент	ПДК	Фон, $n = 20$		Фрагменты (ФР), $n = 20$		Соотношение ФР/фон	
		$C_{\text{арифм}}$	$C_{\text{геом}}$	$C_{\text{арифм}}$	$C_{\text{макс}}$	$C_{\text{арифм}}$	$C_{\text{макс}}$
Нефтепродукты	2000	2,4	<20	535	9075	223	3630
Cl	—	57,8	54,8	64,9	127,0	1,12	2,5
SO ₄	—	82,7	79,2	74,3	182,0	0,90	2,3
NH ₄	—	3,6	3,3	3,9	10,0	1,08	2,9
K	—	11,7	9,9	15,8	58,0	1,35	5,8
Na	—	20,1	19,1	22,1	47,0	1,10	2,3
Mg	—	15,9	13,9	18,3	37,0	1,15	2,6
Ca	—	68,8	53,6	80,5	192,0	1,17	3,2
Ba	—	1141	1095	1234	2024,0	1,08	2
Sr	—	30,5	29,7	34,2	56,0	1,12	1,9
Pb	32	32,4	31,1	31,4	54,0	0,97	1,7
Mn	1500	214,6	164,4	244,8	599,0	1,14	3
Al	—	4317	4209	4106	5749,0	0,95	1,4
Cd	5	0,1	0,1	0,8	5,4	8,0	54

тарных норм, обусловленные выпадением свинца, фенолов и, возможно, бенз(а)пирена, распространяются на площади около 2 км².

Почвы. Почвы районов падения ОЧРН очень разнообразны. В Алданском районе распространены таежные палевые тяжелосуглинистые, слабоосолоделые, дерново-таежные мерзлотные и перегнойно-карбонатные мерзлотные почвы. В Вилуйском районе доминирующими типами являются палевые, аласные лугово-черноземные, аласные перегнойно-глеевые, дерново-глеевые, болотные и тукуланные почвы. В Кобяйском районе — преимущественно горно-таежные мерзлотные оподзоленные и таежные палевые мерзлотные слабоосолоделые.

Почвы основных типов ландшафтов центральной и восточной частей Лено-Вилуйского междуречья, по сравнению с кларком осадочных пород [10], обогащены La, Sc, Nb, Mn, Ag и дефицитны в основном литофильными элементами — B, Ni, V, Li, Ti, Y, Yb, Ga [11].

Почвенные пробы в Вилуйском районе мониторинга были отобраны непосредственно у фрагментов ОЧРН и на удалении 50, 70 и 100 м. Химический состав почв на фоновом участке и на месте найденных фрагментов, а также соот-

ношение содержания элементов (фрагменты/фон) приведены в табл. 4.

Почвы непосредственно под фрагментом ОЧРН обогащены по сравнению с фоновыми показателями комплексом металлов и органических соединений. По отношению $C_{\text{арифм}}$ (ФР/фон) и $C_{\text{макс}}$ (ФР/фон) максимальная контрастность характерна для нефтепродуктов — на 2–3 порядка выше фона, для кадмия — 8–54 и калия — 1,4–6. Для большинства макро- и микрокомпонентов максимальная величина отношения $C_{\text{макс}}$ (ФР/фон) остается в пределах 2–3.

Концентрация компонентов в почвенном покрове понижается по мере удаления от фрагментов ОЧРН (табл. 5).

Для Al и Pb характерно относительно равномерное понижение концентрации, формирование отрицательной аномалии на удалении в 70 м и возрастание концентрации в 100 м от фрагмента ОЧРН (рис. 6). Таким металлам, как Mn, Sr, Cd, и, возможно, нефтепродуктам свойственно равномерное падение концентрации по мере удаления от фрагмента ОЧРН (рис. 7).

Критерии экологической оценки изменения химического состава почв приняты по кратности превышения предельно допустимой концен-

**Химический состав почв в месте падения и на удалении от фрагментов РП 985,
Вилуйский район, мг/кг**

Table 5

**The chemical composition of the soil at the site of the fall and away from the fragments of RP 985,
(Vilyuy district), mg / kg**

Компонент	Фрагменты ($C_{\text{макс}}$), $n = 20$	Расстояние от фрагмента, м		
		50	70	100
НП	9075	Не обн	Не обн	10
Cl	127,0	57,7	63,6	43,5
SO ₄	182,0	84,1	76,4	91,0
NH ₄	10,0	3,9	3,1	3,8
K	58,0	11,4	12,8	11,0
Na	47,0	20,9	16,4	24,5
Mg	37,0	16,2	12,3	23,5
Ca	192,0	69,9	47,2	117,0
Ba	2024,0	1165	1050	1238
Sr	56,0	32,9	27,0	26,6
Pb	54,0	32,7	28,7	40,5
Mn	599,0	243,9	181,2	137,0
Al	5749,0	4338	3944	5139
Cd	5,4	0,088	0,036	0,039

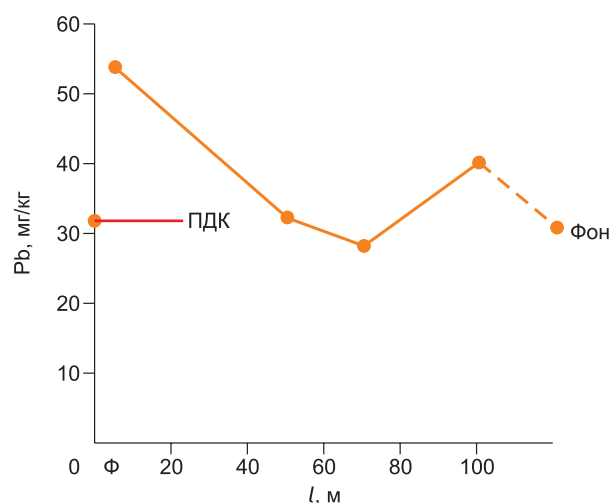
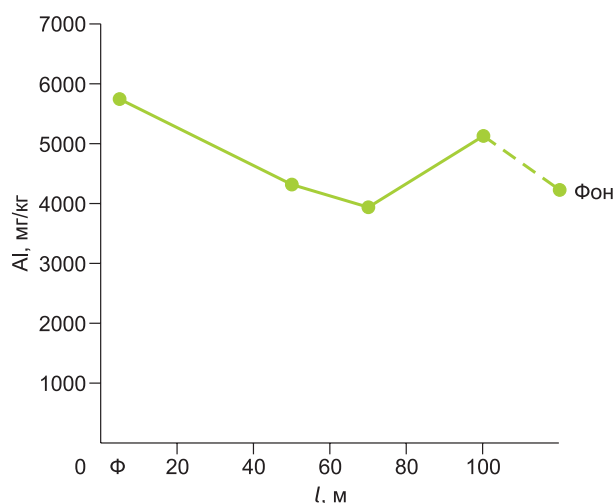


Рис. 6. Изменение концентрации Al и Pb в почвах на удалении от фрагментов ОЧРН (РП 985).

Fig. 6. Changes in the concentration of Al and Pb in soils at a distance from the fragments of EPRF (RP 985).

трации ($\text{ПДК}_{\text{почв}}$). Из большого комплекса проанализированных химических компонентов санитарные нормы соблюдаются для Pb, Mn, Cd [12] и нефтепродуктов [13]. Превышение уровня $\text{ПДК}_{\text{почв}}$ по максимальным концентрациям в почвах под фрагментами ОЧРН, наблюдается у нефтепродуктов – в 4,5 раза, Pb – в 1,7 и Cd – в

1,08 раз. Содержание всех остальных компонентов непосредственно у фрагментов ОЧРН ниже $\text{ПДК}_{\text{почв}}$ и резко снижается по мере удаления. Уже на расстоянии 50 м от обломков ступеней ракет превышение $\text{ПДК}_{\text{почв}}$ свойственно только Pb.

Ряды контрастности, превышения максимального содержания в снежном покрове и почвах

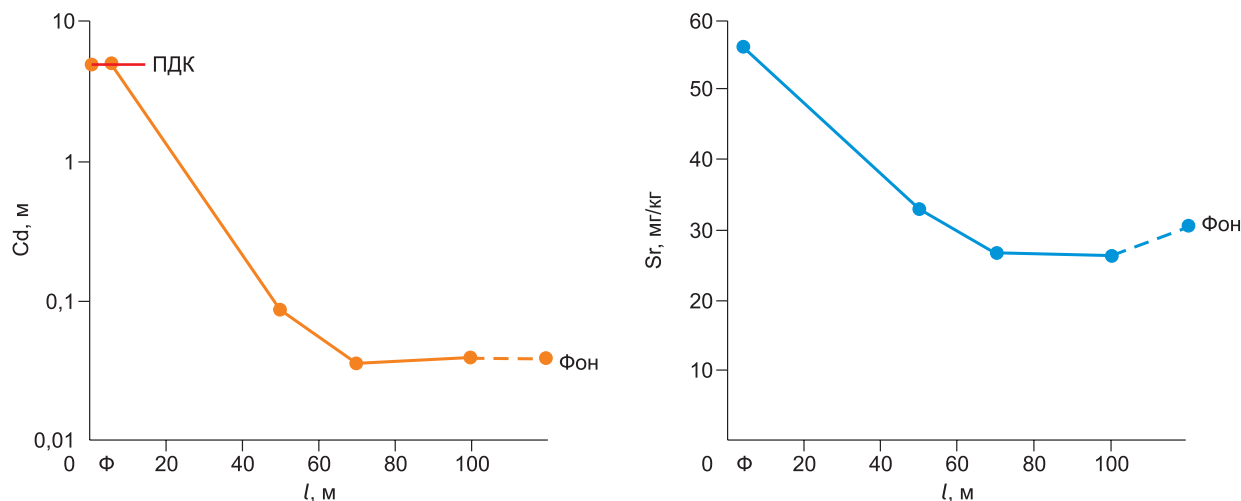


Рис. 7. Изменение концентрации Cd и Sr в почвах на удалении от фрагментов ОЧРН (ПП 985).

Fig. 7. Changes in the concentration of Cd and Sr in the soils at a distance from the fragments of EPRF (RP 985).

Таблица 6

Ряды контрастности геохимических аномалий в снежном покрове и почвах относительно фона и ПДК (ПП 985)

Table 6

Contrast rows of geochemical anomalies in snow cover and soils relative to the background and MPC (RP 985)

Среда	Ряды контрастности ($C_{\text{макс}}/\text{фон}$)
Снег	НП, Cd (5000) > K(30) > Mn(20) > Ca(17) > Mg(13) > Sr, Cl(10) > Ba, N(8) > Al, Pb, S (0,9)
Почва	НП (n1000) > Cd (54) > K(6) > Ca, Mn, NH_4 , Mg (3) > Na, Cl, Pb, S, Sr, Ba(2) > Al(1,4)
Ряды контрастности ($C_{\text{макс}}/\text{ПДК}$)	
Снежный покров	
ПДК _{ГТ}	Ф(3,1) > Pb(2) > Cd (0,96) > Al, Sr, Zn, Ni, НП (0,0n) > Mn, Cu (0,00n)
ПДК _{РХ}	Pb(5,9) > Zn(4,5) > Ф(3,1) > Cu(2,1) > НП (1,3) > Mn(0,8) > Ni(0,25) > K(0,004)
Почва	
ПДК _{почв}	Pb (1,7) > Mn (0,4) > Cd(0,1) > НП (0,01)

Примечание: в скобках контрастность аномалий.

Note: in brackets the contrast of anomalies.

вблизи фрагментов ОЧРН, по сравнению с фоновыми показателями и санитарными нормами показаны в табл. 6.

Наиболее обширный комплекс аномальных компонентов и максимальная их контрастность свойственны снежному покрову. Однако, основная масса запаса растворимых форм химических элементов в снежном покрове при таянии не попадает в почвы, а стекает по еще мерзлому почвенному покрову [14,15] в конечные водоемы стока: озера и реки. При таянии снега непосредственно перед разрушением снежного покрова

вымываются 30–70 % ионов. Поэтому в почвах под фрагментами отделяющихся частей ракет не образуется контрастных и многокомпонентных техногенных литохимических аномалий. В водоемах и водотоках возможно формирование малоконтрастных и мало протяженных гидрогеохимических аномалий, не представляющих угрозы окружающей среде [1, 2].

Негативные воздействия на природную среду отделяющихся частей ракетносителя «Союз-2» (ПП 983 и ПП 985) в районах падения, на территории Алданского, Вилуйского и Кобяйского райо-

нов максимальны для снежного покрова, но не представляют существенной опасности для окружающей среды и здоровья населения. Этот вывод совпадает с данными долгосрочного (2006–2014 гг.) экологического мониторинга падения отделяющихся частей ракет-носителей «Союз» на территории Северного Урала [16].

Выводы

По химическому составу снежный покров в Алданском, Вилуйском и Кобяйском районах РС(Я) за пределами падения ОЧРН гидрокарбонатный, с очень низкими значениями минерализации (4–9 мг/л). После падения ступеней ракет общий химический состав снежного покрова в этих районах остался гидрокарбонатным, но произошло изменение в составе микрокомпонентов. На территории Алданского района наблюдается превышение фоновых показателей в снежном покрове по Fe, Pb и фенолам, а Вилуйского – по Li, Fe, Al, Mn и фенолам, что определяется различным составом РП 983 и РП 985.

Снег непосредственно под фрагментом ОЧРН (РП 985) обогащен комплексом металлов и органических соединений. Непосредственно у фрагмента в снежном покрове наблюдаются аномальные концентрации по 14 компонентам. Их качественные и количественные характеристики быстро снижаются с удалением от фрагментов ОЧРН. В экологическом отношении непосредственно под фрагментами (РП 985) в снежном покрове наблюдаются превышения гигиенических нормативов по фенолам и свинцу (в 2–3 раза) и рыбохозяйственных предельно допустимых концентраций по Pb, Zn, Cu и фенолам (в 2–6 раз).

Загрязнение атмосферы на участках падения ступеней ракет (РП 983 и 985) в основном ограничивается радиусом влияния до 100 м. Более обширные малоконтрастные техногенные аномалии связаны с выпадением Pb (на площади около 2 км²), фенолов и, возможно, бенз(а)пирена.

Непосредственно под фрагментами ОЧРН (РП 985) почвенный покров обогащен нефтепродуктами и комплексом макро- и микрокомпонентов. В почвах под фрагментами отмечается максимальное превышение над фоновыми показателями для углеводородов (на 2–3 порядка), Cd (в 54 раза), K, Ca, Mn, NH₄, Mg, Na, Cl, Pb, S, Sr, Ba (в 2–6 раз).

Санитарные нормы для почвенного покрова под фрагментами превышены только по макси-

мальным концентрациям Pb (в 1,7 раза). Содержание всех остальных нормируемых компонентов значительно ниже ПДК_{почв}.

Основная масса запаса растворимых форм химических элементов при таянии снега стекает по мерзлому почвенному покрову в конечные водоемы стока (озера и реки). Поэтому в почвах под фрагментами отделяющихся частей ракет не образуется контрастных техногенных литохимических аномалий. Несмотря на относительно высокое содержание органических соединений и ряда токсичных элементов вблизи фрагментов ракет, незначительное их количество в контуре аномалий не представляет угрозы водным системам. В конечных водоемах стока будут формироваться малоконтрастные и мало протяженные техногенные гидрогеохимические аномалии.

В целом негативные воздействия на природную среду отделяющихся частей ракет-носителя «Союз-2» (РП 983 и РП 985) в районах падения, на территориях Алданского, Вилуйского и Кобяйского районов РС(Я) незначительны и не представляют существенной опасности для окружающей среды и здоровья жителей.

Литература

1. Балыкин С.Н. Эколого-геохимическая оценка РП 985 до и после пуска РН «Союз-2.1а» с космодрома «Восточный» // Приоритетные задачи обеспечения безопасности и экологического сопровождения пусков РН типа «Союз», направления их реализации. Барнаул: ИВЭП СО РАН, 2017. С. 99–108.
2. Волкова Л.С., Богомолова И.В., Ушницкий В.Е., Яковлев С.И. Результаты экологического исследования в районах падения отделяющихся частей ракет-носителя «Союз-2» на территории Республики Саха (Якутия). // Приоритетные задачи обеспечения безопасности и экологического сопровождения пусков РН типа «Союз», направления их реализации. Барнаул: ИВЭП СО РАН, 2017. С. 90–98.
3. Кожевников А. Ю., Боголицын К. Г., Косяков Д. С., Ульяновский Н. В., Кошелева А.Е. Экологический мониторинг районов падения отделяющихся частей ракет в арктических и субарктических территориях // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Сер.: Естественные науки. Науки о Земле. 2013. № 3. С. 24–32.
4. Кондратьев, А. Д., Кречетов П. П., Королева Т. В. Обеспечение экологической безопасности эксплуатации районов падения отделяющихся частей ракет-носителей. М: Пеликан, 2007. С. 5–60.
5. Пузанов А.В., Рождественская Т.А., Трошкова И.А., Бабошкина С.В., Балыкин С.Н., Ельчино-

ва О.А. Кадмий в экосистемах районов падения ОЧРН // Приоритетные задачи обеспечения безопасности и экологического сопровождения пусков РН типа «Союз», направления их реализации. Барнаул: ИВЭП СО РАН, 2017. С. 188–196.

6. *Экологический мониторинг ракетно-космической деятельности. Принципы и методы* / Н. С. Касимов и др. М.: РЕСТАРТ, 2011. 469 с.

7. Макаров В.Н. Геохимия снежного покрова таежных и горных мерзлотных ландшафтов Якутии // Лед и снег. 2014. №1 (125). С. 73–80.

8. *Геохимия снежного покрова Якутии* / В.Н. Макаров, Н.Ф. Федосеев, В.И. Федосеева. Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1990. 152 с.

9. *Контроль качества воды*. М.: СТАНДАРТИН-ФОРМ, 2010. 944 с.

10. Виноградов А.П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры / Виноградов А. П. // Геохимия. 1962. № 7. С. 555–571.

11. Алексеев В.П., Кривошапкин В.Г., Макаров В.Н. Атлас: География вилуйского энцефаломиелимита. Atlas: Geography of Viluy encephalomyelitis. Якутск: Изд-во ДНЦСПО, 2000. 107 с.

12. *Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве*. М., 2006.

13. *Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2042-06. Ориентировочно-допустимые концентрации содержания химических веществ в почве*. М., 2006.

14. *Нормативно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные, части 1–6. Вып. 24. Якутская АССР. Кн. 1*. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 607 с.

15. Маркова С.А., Макаров В.Н. Трансформация химического состава снежного покрова в зимний период // Снежный покров, атмосферные осадки, аэрозоли: технология, климат и экология. Иркутск: Изд-во ИРНТИУ, 2018. С. 46–50.

16. Большаков В.Н., Кузнецова И.А. Экологический мониторинг в районе падения отделяющихся частей ракет-носителей «Союз» на территории Северного Урала // Биосфера. 2015. Т. 7, № 2. С. 169–180.

areas of falling separated parts of the Soyuz-2 rocket in the Republic of Sakha (Yakutia) // Priority Tasks of Ensuring Safety and Environmental Support of Launches of the Soyuz-type Launch Vehicle, Directions for Their Implementation. Barnaul: IWEP SB RAS, 2017. P. 90–98.

3. Kozhevnikov A. Yu., Bogolitsyn K. G., Kosyakov D. S., Ulyanovsky N. V., Kosheleva A. E. Ecological monitoring of areas of falling of separated parts of rockets in the Arctic and Subarctic territories // Bulletin of the Northern (Arctic) Federal University. Series: Natural Sciences. Earth Sciences. 2013. P. 24–32.

4. Kondratyev A. D., Krechetov P. P., Koroleva T. V. Ensuring the environmental safety of the operation of areas of falling of separating parts of launch vehicles. M.: Pelikan, 2007. P. 5–60.

5. Puzanov A. V., Rozhdestvenskaya T. A., Troshkova I. A., Baboshkina S. V., Balykin S. N., Elchinina O. A. Cadmium in the ecosystems of the areas of the decline of EOM // Priority Tasks of Ensuring Safety and Environmental Support of Launches of the Soyuz-type Launch Vehicle, Directions for Their Implementation. Barnaul: IWEP SB RAS, 2017. P. 188–196.

6. *Environmental monitoring of rocket and space activities. Principles and methods* / N. S. Kasimov et al. M.: RESTART, 2011. 469 p.

7. Makarov V. N. Geochemistry of snow cover of taiga and mountainous frozen landscapes of Yakutia // Ice and snow. 2014. N 1 (125). P. 73–80.

8. *Geochemistry of the snow cover of Yakutia* / V. N. Makarov, N. F. Fedoseev, V. I. Fedoseeva. Yakutsk: Inst. of Permafrost, SB AS of the USSR. 1990. 152 p.

9. *Water Quality Control*. M.: Standartinform, 2010. 944 p.

10. Vinogradov A. P. The average content of chemical elements in the main types of igneous rocks of the earth's crust // Geochemistry. 1962. N 7. P. 555–571.

11. Алексеев В.П., Кривошапкин В.Г., Макаров В.Н. Атлас: География вилуйского энцефаломиелимита. Atlas: Geography of Viluy encephalomyelitis. Yakutsk: Publishing House of the National Social and Pedagogical Society of Law, 2000. 107 p.

12. *Hygienic Standards GN 2.1.7.2041-06. Maximum Permissible Concentration (MPC) of Chemicals in the Soil*. M., 2006.

13. *Hygienic Standards GN 2.1.7.2042-06 Approximate-permissible concentration of the content of chemicals in the soil*. M., 2006.

14. *Normative-applied Reference Book on Climate of the USSR. Series 3. Perennial data, parts 1–6. Release. 24 Yakut ASSR. Book 1*. L.: Gidrometeizdat, 1989. 607 p.

15. Markova S. A., Makarov V. N. The transformation of the chemical composition of snow cover in the winter // Snow Cover, Precipitation, Aerosols: Technology, Cli-

References

1. Balykin S. N. Ecological and geochemical assessment of RP 985 before and after the launch of the Soyuz-2.1a rocket launcher from the Vostochny cosmodrome // Priority Tasks of Ensuring Safety and Environmental Support of Rocket Launches of the Soyuz-type, Directions for Their Implementation. Barnaul: IWEP SB RAS, 2017. P. 99–108.

2. Volkova L. S., Bogomolova I. V., Ushnitsky V. E., Yakovlev S. I. The results of environmental studies in the

mate and Ecology. Irkutsk: Publishing house INRTU, 2018. P. 46–50.

Soyuz launch vehicles on the territory of the Northern Urals // Biosphere. 2015. V. 7, N 2. P. 169–180.

16. *Bolshakov V.N., Kuznetsova I.A.* Environmental monitoring in the area of the fall of separating parts of the

Поступила в редакцию 14.12.2018

Принята к публикации 30.01.2019

Об авторах

ВОЛКОВА Лена Семеновна, директор ГБУ «Республиканский информационно-аналитический центр экологического мониторинга», Министерство экологии Республики Саха (Якутия), 677000, г. Якутск, ул. Дзержинского, 3/1, riacem@mail.ru;

МАКАРОВ Владимир Николаевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории подземных вод и геохимии криолитозоны, Институт мерзлотоведения им. П.И.Мельникова СО РАН, 677010, г. Якутск, ул. Мерзлотная, 36
ORCID 0000-0002-6086-886X,
Makarov@mpi.ysn.ru

About authors

VOLKOVA Lena Semenovna, Director of State Budget Institution “Republican Information and Analytical Center for Environmental Monitoring”, Ministry of Ecology of the Republic of Sakha (Yakutia); 3/1 Dzerzhinskogo str., Yakutsk, 677000, Russia, riacem@mail.ru;

MAKAROV Vladimir Nikolaevich, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Principal Researcher, Laboratory of Groundwater and Cryocolithozone Geochemistry, P.I. Melnikov Permafrost Institute. SB RAS; 36 Merzlotnaya str., Yakutsk, 677000, Russia,
ORCID 0000-0002-6086-886X, Makarov@mpi.ysn.ru

Информация для цитирования:

Волкова Л.С., Макаров В.Н. Экологический мониторинг в районах падения отделяющихся частей ракетносителя «Союз-2» на территории Якутии // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2019, том 24, № 2. С. 38–48. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2019-24-2-3>

Citation

L.S. Volkova, V.N. Makarov Ecological monitoring in the regions where the separating parts of the Soyuz-2 rocket carrier fall at the territory of // Arctic and Subarctic natural resources. 2019. Vol. 24, No. 2. pp. 38–48. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2019-24-2-3>