

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СНЕГА НА ТЕРРИТОРИЯХ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЮ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (РЕСПУБЛИКА АЛТАЙ)

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», 119991, Москва

*В Республике Алтай расположены два района падения вторых ступеней ракет-носителей «Протон-М», использующих в качестве компонентов ракетного топлива несимметричный диметилгидразин (гептил) и тетраоксид азота. Наиболее информативной депонирующей средой для оценки химического воздействия запусков ракет на окружающую среду является снежный покров, обладающий высокой сорбционной способностью и малой химической и биологической активностью. В статье представлены результаты исследований загрязнения снежного покрова, проведенных в период 2011–2015 гг. Анализ химического состава снега в районе падения вторых ступеней ракет-носителей и в его окрестностях свидетельствует об отсутствии в пробах несимметричного диметилгидразина и наиболее опасного продукта его трансформации – нитрозодиметиламина. Данные литературы по моделированию атмосферного загрязнения при запусках ракет также подтвердили низкую вероятность наземного поступления компонентов ракетного топлива в результате падения вторых ступеней ракет-носителей. Средние содержания нитрат-иона, иона аммония и величина pH на территории района соответствуют значениям, характерным для зон экологической нормы. Химический состав атмосферных выпадений на сопредельных к району падения ступеней территориях во многом определяется близостью и спецификой эксплуатации наземных антропогенных объектов. При удалении от источников выбросов установлено уменьшение атмосферных выпадений загрязняющих химических веществ. Пылевая нагрузка на исследуемой территории не превышает фоновые значения для Сибирского региона, и в сотни раз ниже значений промышленных зон и селитебных районов. Анализ движения атмосферных потоков и розы ветров в зимний период в Горном Алтае свидетельствуют о вероятном трансграничном поступлении на эту территорию осадков, загрязненных кислотообразующими выбросами металлургических предприятий Восточного Казахстана.*

**Ключевые слова:** ракетное топливо; несимметричный диметилгидразин; гептил; районы падения ступеней ракет-носителей; химический состав снежного покрова.

**Для цитирования:** Королева Т.В., Шарапова А.В., Кречетов П.П. Химический состав снега на территориях, подверженных воздействию ракетно-космической деятельности (Республика Алтай). *Гигиена и санитария*. 2017; 96(5): 432-437. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-5-432-437>

*Koroleva T.V., Sharapova A.V., Krechetov P.P.*

### A CHEMICAL COMPOSITION OF SNOW ON AREAS EXPOSED TO SPACE-ROCKET ACTIVITIES POLLUTION (ALTAI REPUBLIC)

*M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991, Russian Federation*

*There are two areas in the Altai Republic where second rocket stages of launch vehicles fall down. They use unsymmetrical dimethyl hydrazine (UDMH) and nitrogen tetraoxide (N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) as a part of fuel. The snow possesses of the high sorption capability, low chemical and biological activity, and is the most informative object for the investigation of chemical effects on the environment by vehicle launchings. The article represents results of the investigation of the snow pollution carried out over the period of from 2011 to 2015. The chemical analysis of snow from the areas where second rocket stages of launch vehicles fell back to the Earth testify samples fail to contain UDMH and its most dangerous transformation product – NDMA. Published data of the atmospheric pollution modeling at launching space vehicles also admit the low probability of the surface contamination by falling second rocket stages of launching vehicles. The average concentration of nitrate ion, ammonium ion, pH level meets Environmental standards. The chemical composition of atmospheric fallout in the neighboring territory is mostly determined by operational features and proximity of anthropogenic objects. The amount of contaminants in atmospheric fallout declines with the distance from emission sources. Dust load to exploration territory does not exceed a background value for Siberian region being hundred times lower than such values for industrial and residential areas. Analysis of atmospheric flow movements and the wind rose in the winter in the Altai Mountains shows on the likely entry into the territory precipitation contaminated by acid-forming emissions of metallurgical enterprises of East Kazakhstan.*

**Key words:** rocket fuel; unsymmetrical dimethyl hydrazine; heptyl; areas falling stages of launch vehicles; chemical composition of snow cover.

**For citation:** Koroleva T.V., Sharapova A.V., Krechetov P.P. A chemical composition of snow on areas exposed to space-rocket activities pollution (Altai Republic). *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(5): 432-437. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-5-432-437>

**For correspondence:** *Tatiana V. Koroleva*, MD, PhD, Head of the Laboratory of Environmental Safety Department of Geochemistry of landscapes and soil geography geographical faculty of the M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991, Russian Federation. E-mail: [korolevat@mail.ru](mailto:korolevat@mail.ru)

**Information about authors:** Koroleva T.V., <http://orcid.org/0000-0002-2971-2525>; Sharapova A.V., <http://orcid.org/0000-0001-9157-9940>; Krechetov P.P., <http://orcid.org/0000-0003-0116-0316>.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Acknowledgement.** The study (analysis and treatment of data) was supported by the grant 14-27-00083 from the Russian Science Foundation. The authors are grateful to the acting director of the Institute of Water and Environmental Problems of the SB RAS, Doctor of Biological Sciences, Professor A.V. Puzanov and a research fellow of the of the Institute of Water and Environmental Problems of the SB RAS, Doctor of Biological Sciences for assistance in organizing field works.

Received: 04 April 2016

Accepted: 04 October 2016

## Введение

Территории Северо-Восточного Алтая около 50 лет используются в качестве районов падения (РП) ступеней ракет-носителей, запускаемых с космодрома Байконур. В Республике Алтай расположены два таких района (рис. 1), предназначенных для падения вторых ступеней ракет-носителей (РН) «Протон-М», в качестве ракетного топлива используются несимметричный диметилгидразин (горючее) (НДМГ) и тетраоксид азота (окислитель). РП № 327 расположен в административных границах муниципальных образований Чемальского, Чойского, Турочакского, Улаганского и Онгудайского районов, РП № 326 – в границах муниципальных образований Улаганского района Республики Алтай. Населенные пункты в пределах РП отсутствуют, ближайшие жилые села расположены в 5–6 км от границ РП, большинство населенных пунктов располагаются на расстоянии 25–30 км и более от районов падения. Самое большое по численности населения и максимально близко расположенное к РП (5 км) – село Балыкча, в котором на 01.01.2015 года проживало 849 человек [1].

Отделение второй ступени РН «Протон-М» происходит на высоте 140–150 км, ее разрушение, обусловленное действием аэродинамических сил, заканчивается на высотах около 30 км, после разрушения ступени фрагменты автономно падают в РП. Район падения № 327 ежегодно используется 7–9 раз для падения фрагментов второй ступени РН «Протон-М», район падения № 326 используется редко – 4 раза в период 2011–2015 гг.

Несимметричный диметилгидразин ( $\text{CH}_3)_2\text{NNH}_2$  (гептил) относится к классу предельных гидразинов, легколетучее органическое соединение, обладающее высокой реакционной способностью, которая определяется его химическими свойствами [2, 3]. При поступлении НДМГ в окружающую среду он достаточно быстро подвергается окислительной трансформации [4, 5]. К продуктам окисления НДМГ относятся: метилдиметилгидразин, диметиламин, тетраметилтетразен, нитрозодиметиламин (НДМА), формальдегид и др. Экотоксикологические исследования показали, что наиболее токсичными веществами являются НДМГ и НДМА (1 класс опасности). Азотный тетраоксид также легколетучая жидкость. При растворении его в воде происходит образование азотной и азотистой кислот. Взаимодействуя с минеральными компонентами в окружающей среде, они, как правило, образуют соли данных кислот (нитраты и нитриты).

В литературе имеются данные о моделировании загрязнений компонентами ракетного топлива в результате падения ступеней ракет-носителей [6–8]. Большинство авторов приходят к мнению, что после разрушения второй ступени ракеты-носителя на большой высоте движение капель ракетного топлива очень крупных размеров в атмосфере Земли до ее поверхности представляется крайне маловероятным, а мелкие капли достаточно быстро испаряются.

С целью контроля возможного аэрогенного поступления компонентов ракетного топлива после разрушения ступени ракеты-носителя в районах падения вторых ступеней и на прилегающих территориях до и после каждого пуска ракеты-носителя с космодрома Байконур осуществляется отбор проб компонентов экосистем (почвы, растений, воды, снега) для проведения количественного химического анализа на содержание компонентов ракетного топлива и продуктов их трансформации [9]. Наиболее

**Для корреспонденции:** Королева Татьяна Витальевна, канд. геогр. наук, зав. лаб. экологической безопасности кафедры геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва. E-mail: korolevat@mail.ru

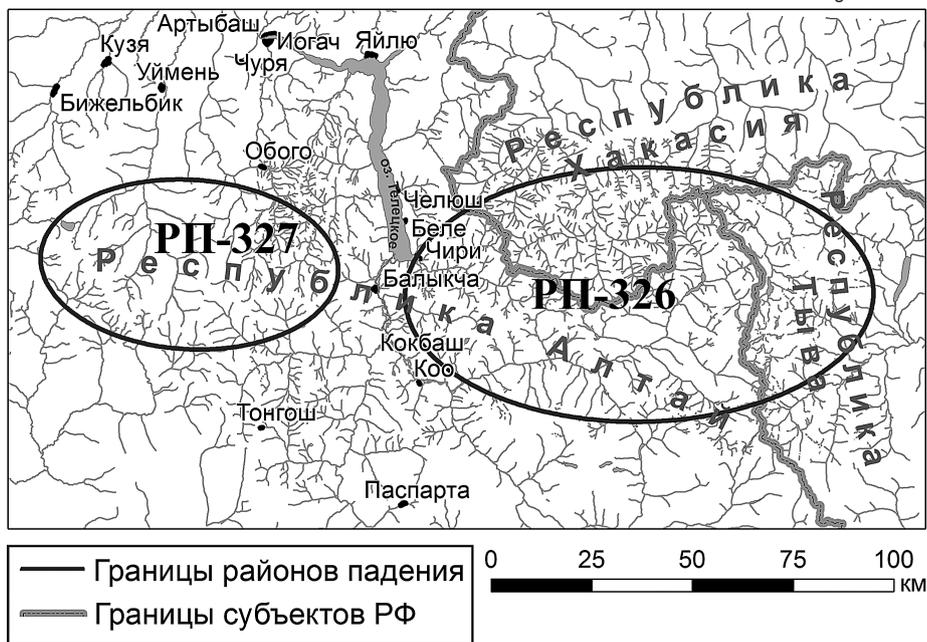


Рис. 1. Районы падения второй ступени ракет-носителей «Протон-М» в Республике Алтай.

информативной депонирующей средой для оценки воздействия компонентов ракетного топлива является снежный покров, обладающий высокой сорбционной способностью и малой химической и биологической активностью. Изучение вещественного состава снежного покрова позволяет оценить уровень антропогенных выпадений за продолжительный зимний период и широко используется для выявления пространственных ореолов загрязнения и количественного расчета реальной поставки загрязняющих веществ от различных источников – промышленных предприятий, транспортных коммуникаций и т.п. [10–13].

Целью данной работы являлось изучение химического состава снега в наиболее используемом в настоящее время районе падения вторых ступеней ракет-носителей «Протон-М» № 327 и на прилегающих территориях.

## Материал и методы

Ежегодно в зимний период (ноябрь–февраль) район падения № 327 3–4 раза используется во время пусков ракет-носителей «Протон-М» для приземления фрагментов второй ступени. До и после каждого пуска отбираются поверхностные пробы снега на постоянных площадках экологического мониторинга, расположенных на территории РП и на сопредельных с ним участках (рис. 2). Мониторинговые площадки в районе падения ступеней ракет расположены на абсолютных высотах от 1300 до 2600 м и характеризуют высокогорные тундровые ландшафты. Площадки на прилегающей к РП территории расположены на высотах от 438 до 2237 м. Климат района умеренно-континентальный, продолжительность зимнего периода составляет 5–6 мес. Появление постоянного снежного покрова в низкоротных ландшафтах наблюдается в октябре, в высокогорных – в сентябре. Максимальная высота снежного покрова на открытых участках составляет 15–30 см, на защищенных может превышать 50–80 см. В статье представлены материалы поверхностного отбора проб снега в 2011–2015 гг. и отбора на всю мощность снежной толщи в конце зимнего периода в 2012–2014 гг.

Пробы снега в период проведения пусков ракет-носителей отбирались с глубины 0–5 см. В конце зимы дополнительно, для оценки аккумулятивного эффекта снежного покрова, снег отбирали на всю толщу (мощность снежного покрова составляла от 10 до 125 см.). Образцы проб снега в замороженном состоянии доставляли в лабораторию и подвергали обработке с целью разделить жидкую и твердую фазы в соответствии с требованиями РД. 52.04.186–89\*.

\* РД. 52.04.186–89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. М.: Госкомгидромет; 1991.

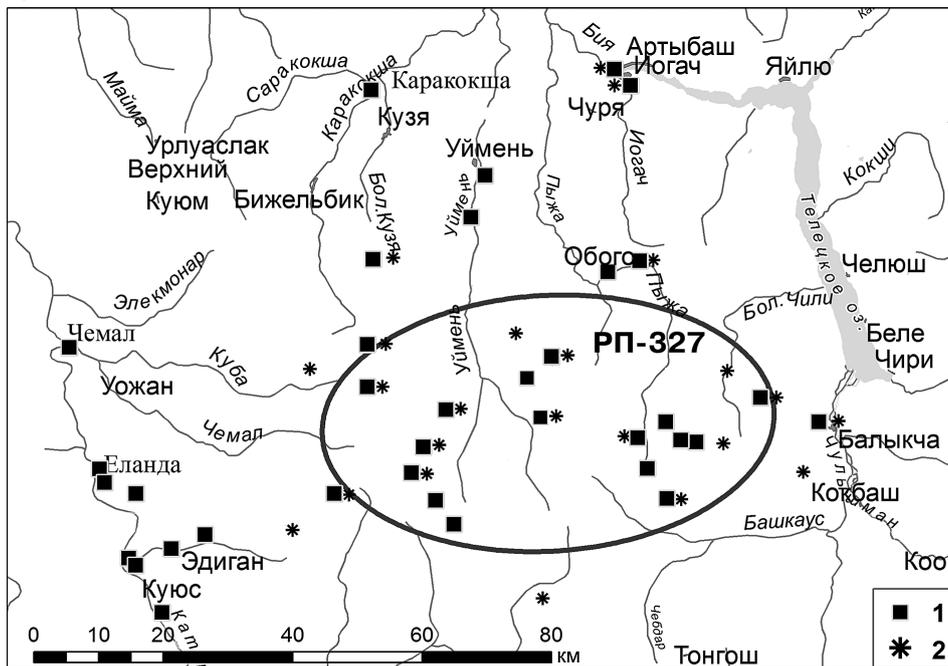


Рис. 2. Точки отбора проб снега в районе падения второй ступни ракет-носителей «Протон-М» № 327 и на сопредельных территориях: 1 – в период проведения пусков; 2 – в конце зимнего сезона.

В фильтрате талых вод методом ионной хроматографии с амперометрическим и УФ-детектированием проводили определение НДМГ и НДМА, являющихся индикаторами загрязнения ракетным горючим. Содержание нитрат-иона, отражающее воздействие окислителя, определяли методом ионной хроматографии с кондуктометрическим детектированием, величину рН – потенциометрическим методом. Для характеристики общего химического состав снега методом ионной хроматографии определяли хлорид-ион, сульфат-ион, ион аммония, катионы кальция, магния, натрия и калия. Результаты анализа содержания водорастворимых веществ в снеге выражали в мг/дм<sup>3</sup> талой воды. Запыленность снега определяли весовым методом в соответствии с требованиями РД. 52.04.186–89. Всего было отобрано и проанализировано 542 пробы.

Результаты исследований обработаны методами математической статистики. Расчет объемов поступления атмосферных выпадений проводили с учетом времени накопления снежной толщи, площади отбора пробы и объема пробы. Результат выражался в мг/м<sup>2</sup> в сутки.

Для сравнительной характеристики общего химического состава талых вод из районов падения использовали материалы станции фонового мониторинга в п. Яйлю [14], расположенной в 35 км к северо-северо-востоку от РП № 327 на высоте 697 м над уровнем моря на территории центральной усадьбы Алтайского природного биосферного заповедника.

## Результаты и обсуждение

Химический состав снежного покрова формируется в результате поступления различных химических веществ с атмосферными осадками, поглощения снежным покровом из приземных слоев атмосферы газов и аэрозолей [10].

Исследования пространственного распределения пыли в снеге района падения и сопредельных территорий в период 2013–2015 гг. показали, что интенсивность накопления пыли низкая [15] и составляет 0,05–51,5 мг/м<sup>2</sup> в сутки, при среднем значении 5,09 мг/м<sup>2</sup> в сутки. Коэффициент вариации данного показателя по всей выборке составляет 185%, что свидетельствует о высокой степени неоднородности поступления пыли, связанной с влиянием орографического и экспозиционного факторов. Анализ двух выборок, представленных совокупностью точек, расположенных выше и ниже 1000 м, позволяет говорить, что в низкотерра пыли поступает в 7,3 раза больше по сравнению с высокогорными районами. Так, среднее значение данного показателя для низкотерра составляет 20,6 мг/м<sup>2</sup> в сутки (от 2,6 до 51,5 мг/м<sup>2</sup> в сутки), а для высокогорных участков это значение не превышает 2,8 мг/м<sup>2</sup> в сутки (0,05–15,2 мг/м<sup>2</sup> в сутки). Максимальные значения выпадения пыли характерны для территорий, расположенных за пределами района падения вблизи населенных пунктов. В окрестностях села Балыкча пылевая нагрузка составляет 51,5 мг/м<sup>2</sup> в сутки. Повышенное содержание пыли характерно также для точек низкотерра, расположенных в лесных экосистемах, где содержание пыли увеличивается за счет поступления адсорбированной пыли с трона деревьев.

Анализ химического состава снега в районе падения вторых ступней ракет-носителей и в его окрестностях также свидетельствует о низком уровне химического загрязнения. Во всех

Таблица 1

Химический состав проб снега, отобранных в периоды проведения пусков ракет-носителей (0–5 см)

Год	Количество проб		Показатель					
			NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>		рН, ед.	
	РП	СТ	X(Me)×Cv Min–Max		X(Me)×Cv Min–Max		X(Me)×Cv Min–Max	
			РП	СТ	РП	СТ	РП	СТ
2011	18	21	0,1(0,08)·43 0,08–0,2	0,27(0,08)·82 0,08–0,7	0,19(0,1)·110 0,05–0,7	0,3(0,1)·121 0,05–1,2	6,1(6,1)·5 5,6–6,6	5,9(5,6)·9 5,2–8,0
2012	52	79	0,14(0,08)·102 0,08–0,2	0,44(0,11)·141 0,08–3,93	0,06(0,05)·56 0,05–0,22	0,27(0,07)·100 0,05–1,0	5,7(5,7)·13 5,2–6,3	6,1(6,0)·11 4,7–7,3
2013	69	63	0,6(0,7)·45 0,1–1,0	0,8(0,8)·56 0,2–1,7	0,2(0,19)·50 0,08–0,42	0,29(0,29)·59 0,06–0,62	5,6(5,6)·16 5,0–7,0	6,5(6,7)·10 4,6–7,3
2014	47	58	0,6(0,6)·30 0,3–0,9	1,33(1,21)·64 0,1–3,62	0,24(0,24)·50 0,07–0,52	0,27(0,23)·70 0,06–1,34	6,1(6,1)·8 5,3–7,0	6,3(6,4)·8 5,0–7,5
2015	34	55	0,99(0,97)·71 0,34–3,52	1,68(1,31)·25 0,54–6,71	0,09(0,09)·31 0,05–0,15	0,29(0,27)·61 0,05–0,76	6,4(6,1)·9 5,7–7,7	6,2(6,2)·10 5,1–7,5

Примечание. Здесь и в табл. 4: X – среднее, Me – медиана, Cv – коэффициент вариации (%), Min – минимальное значение, Max – максимальное значение; РП – район падения; СТ – сопредельная территория.

Таблица 2

Оценка загрязнения окружающей среды по данным о химическом составе атмосферных осадков [17]

Экологическая зона	Показатель			рН, ед.
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
	мг/дм <sup>3</sup>			
Норма	≤ 1	≤ 0,5	≤ 3	5,0–7,0
Риск	1–2	0,5–1	3–5	4,5–5,0 7,0–7,5
Кризис	2–4	1–2	5–7	4,0–4,5 7,5–8,0
Экологического бедствия	> 4	> 2	> 7	≤ 4,0 > 8,0

Концентрации веществ в образцах твердых атмосферных осадков на станции фонового мониторинга Яйлю (2010–2012 гг.)

Год	Показатель								рН, ед.
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	
	мг/дм <sup>3</sup>								
2010	1,6	0,6	0,2	0,8	0,9	0,4	0,7	0,4	6,4
	1,3–2,2	0,4–0,9	0,1–0,4	0,5–1,1	0,7–1,1	0,2–0,6	0,9–0,9	0,2–0,6	6,0–6,7
2011	3,6	0,7	0,3	2,2	2,3	0,6	1,3	1,3	6,5
	0,9–1,8	0,5–0,9	0,02–0,6	0,4–7,1	0,3–7,5	0,3–1,3	0,6–2,0	0,3–2,4	5,9–6,8
2012	4,0	1,3	0,3	1,1	0,7	0,6	1,1	1,1	6,3
	1,8–5,5	0,2–2,3	0,03–0,6	0,5–2,0	0,4–1,2	0,3–1,1	0,7–1,4	0,5–1,5	6,1–6,6

Примечание. В числителе дроби среднее значение, в знаменателе – минимальное и максимальное значения.

проанализированных пробах снега, отобранных в период 2011–2015 гг. ракетное топливо НДМГ и наиболее опасный продукт его трансформации НДМА не были обнаружены в пределах чувствительности метода анализа.

Средние содержания нитрат-иона и иона аммония на территории района падения ступеней ракет-носителей соответствуют величинам, характерным для зон экологической нормы (табл. 1, 2).

На сопредельных к району падения территориях содержания нитрат-иона и иона аммония в снежном покрове превышают их содержание в пробах РП: в 1,3–3,1 и 1,1–4,5 раза соответственно. Коэффициент вариации содержания нитрат-иона и иона аммония также выше для проб, отобранных за пределами района падения ступеней ракет. Максимальные содержания этих ионов отмечаются в непосредственной близости от населенных пунктов.

Основное влияние на химический состав атмосферных выпадений в Республике Алтай оказывают выбросы котельных, печное отопление частного сектора и автотранспорт [17, 18]. Более высокие значения нитрат-иона в снежном покрове сопредельных к РП территорий по сравнению с ионом аммония, в первую очередь, определяются действием отопительных систем в холодный период года. Постепенное увеличение средних значений содержания в снеге нитрат-иона, как в РП, так и на сопредельных территориях в 2011–2015 гг. совпадает с общим глобальным трендом увеличения выпадения азота с осадками год от года [19] и данными станции фонового мониторинга Яйлю, характеризующими фоновые атмосферные выпадения на территории биосферного заповедника (табл. 3).

Средние значения водородного показателя в пробах снега района падения не выходят за пределы установленного диапазона для зоны экологической нормы – от 5,0 до 7,0 ед. рН, однако рядом с населенными пунктами отмечаются единичные точки, характеризующиеся отклонением величин до 4,6 и 8,0 ед. рН (см. табл. 1).

Характеристика химического состава снега, отобранного в районе падения вторых ступеней ракет-носителей в конце зимнего периода на всю мощность снежного покрова, представлена в табл. 4. Средние значения всех показателей не выходят за уровень концентраций ионов в осадках на станциях фонового мониторинга азиатской территории России [19] и станции фонового мониторинга Яйлю (см. табл. 3).

Проведенный корреляционный анализ между содержанием в пробах снега из района падения ступеней ракет пыли, нитрат-иона и сульфат-иона выявил наличие между ними положительной связи ( $r = 0,5$ ), что обусловлено поступлением ионов с континентальными аэрозолями в форме мелкодисперсных пылевых частиц и глобального антропогенного влияния топливно-энергетического комплекса. Хлориды присутствуют в снеге в незначительных количествах, что свидетельствует об отсутствии антропогенных источников загрязнения.

Расчет объемов атмосферных выпадений на территорию района падения ступеней ракет-носителей за 2012–2014 гг. показал, что средние значения по рассмотренным показателям не превышают региональных фоновых значений [19] и составляют для нитрат-иона 0,18 мг/м<sup>2</sup> в сутки, иона аммония 0,07 мг/м<sup>2</sup> в

сутки, сульфат-иона 0,3 мг/м<sup>2</sup> в сутки, хлорид-иона 0,23 мг/м<sup>2</sup> в сутки. Выпадения ионов Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> составляют 0,33; 0,18; 0,23 и 0,08 мг/м<sup>2</sup> в сутки соответственно.

Результаты исследования химического состава снега, отбираемого в конце зимнего периода рядом с селом Балыкча (табл. 5) выявили отсутствие компонентов ракетного топлива и продуктов их трансформации. Анионно-катионный состав соответствует зоне экологической нормы и не превышает значений станции фонового мониторинга Яйлю (см. табл. 3).

Полученные в ходе проведенных исследований результаты подтверждают описанные выше теоретические расчеты о малой вероятности поступления компонентов ракетного топлива в экосистемы районов падения вторых ступеней ракет-носителей «Протон-М» и прилегающих территорий в результате аэрогенного поступления в период пусков ракет-носителей с космодрома Байконур.

Необходимо отметить, что для Республики Алтай более актуальна проблема трансграничного переноса загрязняющих веществ из Восточно-Казахстанская область Республики Казахстан, где в районе г. Усть-Каменогорска сосредоточен ряд крупных металлургических комбинатов. Установлено, что на

Таблица 4

Химический состав проб снега, отобранных в конце зимнего периода (на всю мощность снежной толщи)

Показатель	2011/2012 гг.	2012/2013 гг.	2013/2014 гг.
	X(Me)×Cv Min–Max		
	n = 14	n = 13	n = 19
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,4(0,4):30 0,2–0,7	0,2(0,2):35 0,1–0,4	0,4(0,5):10 0,4–0,5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	<0,1	0,1(0,1):55 (0,04–0,2)	0,2(0,1):45 (0,1–0,3)
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,5(0,5):58 0,3–0,9	0,4(0,3):35 0,2–0,6	0,7(0,5):78 0,2–2,8
Cl <sup>-</sup>	0,8(0,5):93 0,1–2,0	0,2(0,1):111 0,1–0,9	0,2(0,2):46 0,1–0,5
Ca <sup>2+</sup>	0,5(0,5):47 0,2–0,8	0,3(0,3):34 0,2–0,6	0,4(0,8):56 0,1–0,8
Mg <sup>2+</sup>	0,3(0,2):47 0,01–0,4	0,05(0,06):50 0,01–0,08	0,2(0,1):83 0,01–0,4
Na <sup>+</sup>	0,8(0,8):20 0,7–1,1	0,4(0,3):70 0,1–1,1	0,7(1,2):62 0,2–1,5
K <sup>+</sup>	0,1(0,1):71 0,1–5,1	0,2(0,2):54 0,1–0,4	0,5(0,2):212 0,1–0,5
рН ед.	5,4(5,3):8 4,6–6,1	5,5(5,5):3 5,1–5,7	6,0(6,0):4 5,3–6,5

Примечание. n – количество проб.

**Химический состав проб снега, отобранных в конце зимнего периода в окрестностях с. Балыкча (на всю мощность снежной толщи)**

Показатель	2011/2012 гг.	2012/2013 гг.	2013/2014 гг.
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ,	1,01	0,22	0,43
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,02	0,22	0,07
SO <sub>4</sub> <sup>2+</sup>	0,87	0,08	1,4
Cl <sup>-</sup>	0,44	0,4	0,25
Ca <sup>2+</sup>	0,4	0,19	0,97
Na <sup>+</sup>	0,83	0,43	0,33
K <sup>+</sup>	0,09	0,47	0,29
pH	ед.	5,7	6,4

территории Алтайского края и Республики Алтай существует языкообразный мегаореол аномально пониженных значений pH атмосферных осадков и повышенного содержания в них сульфатов, нитритов, нитратов, аммония и ряда других загрязняющих веществ [20]. Установленная протяженность ореола в пределах Горного Алтая превышает 150 км при ширине 80–100 км. Северо-восточная ориентировка ореола совпадает с преобладающим в зимний период направлением ветров в западной части Горного Алтая, а его «открытость» на юго-запад в направлении г. Усть-Каменогорска свидетельствует о вероятном поступлении на территорию Горного Алтая осадков, загрязненных кислотообразующими выбросами металлургических предприятий этого промышленного центра. Ежегодное выпадение кислотообразующих загрязняющих веществ от предприятий Восточного Казахстана на площади выявленного мегаореола ориентировочно составляет по сульфатам 10–15 тыс. т, по азотистым соединениям – 2–5 тыс. т [20].

Несмотря на то, что на территории района падения № 327 не обнаружены превышения региональных фоновых значений по маркерам кислотных выпадений (сульфат-ион, нитрат-ион), нельзя исключать возможность привноса этих веществ в результате трансграничного переноса из Восточного Казахстана.

**Заключение**

Химический состав снега в районе падения вторых ступеней ракет-носителей «Протон-М» и на прилегающей территории характеризуется отсутствием компонентов ракетного топлива и продуктов их трансформации, что обусловлено разрушением ступени ракеты-носителя на большой высоте и последующим испарением и рассеиванием капель ракетного топлива в атмосфере. Химический состав атмосферных выпадений на определенных к району падения территориях во многом определяется близостью и спецификой эксплуатации наземных антропогенных объектов. При удалении от источников выбросов установлено уменьшение атмосферных выпадений загрязняющих химических веществ.

Пылевая нагрузка на исследуемой территории отличается низким уровнем загрязнения, не превышающим фоновые значения для Сибирского региона, и в сотни раз ниже значений промышленных зон и селитебных районов.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность и. о. директора Института водных и экологических проблем (ИВЭП) СО РАН д-ру биол. наук, проф. А.В. Пузанову и науч. сотр. ИВЭП СО РАН И.В. Горбачеву за помощь в организации полевых работ.

**Финансирование.** Исследование (анализ и обработка данных) выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-27-00083).

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Литература**

1. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2015 года. М.: 2015.
2. Братков А.А., Серегин Е.П., Горенков А.Ф. *Химмотология ракетных и реактивных топлив*. М.: Химия; 1987.

3. Зрелов В.Н., Серегин Е.П. *Жидкие ракетные топлива*. М.: Химия; 1975.
4. Касимов Н.С., Кречетов П.П., Королева Т.В. Экспериментальное изучение поведения ракетного топлива в почвах. *Доклады академии наук*. 2006; 408(5): 668–70.
5. Родин И.А., Смирнов Р.С., Смоленков А.Д., Кречетов П.П., Шпигун О.А. Трансформация несимметричного диметилгидразина в почвах. *Почвоведение*. 2012; 4(1): 439–44.
6. Архипов В.А., Березиков А.П., Козлов Е.А., Третьяков Н.С., Шереметьева У.М. Моделирование техногенных загрязнений при отделении ступеней ракет-носителей. *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2005; 48(11): 5–9.
7. Мороков Ю.Н. Моделирование падения в атмосфере остатков ракетного топлива. *Вычислительные технологии*. 2008; 12(2): 52–9.
8. Долотов А.Е., Кузнецов Г.В., Немова Т.Н. Моделирование процесса испарения несимметричного диметилгидразина в атмосфере земли. *Известия Томского политехнического университета*. 2008; 313(4): 23–5.
9. Пузанов А.В., Горбачев И.Н., Архипов И.А. Оценка воздействия РКД на экосистемы Алтае-Саянской горной страны (1998–2010 годы). *Мир науки, культуры, образования*. 2010; (5): 262–4.
10. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. *Мониторинг загрязнения снежного покрова*. Ленинград: Гидрометеоздат; 1985.
11. Андрухова Т.В., Букатый В.И., Чефранов И.П. Изучение элементного состава аэрозольных загрязнений снежного покрова г. Барнаула за 2002–2005 гг. *Известия Алтайского государственного университета*. 2006; 1(1): 59–62.
12. Зинченко Г.С., Павлов В.Е., Суторихин И.А., Хвостов И.В. Элементный состав аэрозоля, накапливаемого в снеговом покрове Алтайского края. *Оптика атмосферы и океана*. 2006; 19(6): 513–7.
13. Ермаков А.А., Карпова Е.А., Малышева А.Г., Михайлова Р.И., Рыжова И.Н. Мониторинг содержания тяжелых металлов и элементов в снеговом покрове почвы сельскохозяйственного назначения Московской области. *Гигиена и санитария*. 2015; 94(5): 31–6.
14. Проведение исследований изменения химического состава атмосферных осадков на станции Яйло в течение зимних периодов за последние 3 года. Технический отчет. СПб.: Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова; 2013.
15. Горбачев И.В., Бабошкина С.В. Влияние хвостохранилищ Алтайского горнообогатительного комбината на окружающую среду. *Ползуновский вестник*. 2005; 4(1): 179–82.
16. Свистов П.Ф., Полищук А.И., Першина Н.А. Качественная оценка загрязнения окружающей среды (по данным о химическом составе атмосферных осадков). *Труды главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова*. 2010; 2(1): 4–18.
17. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 году». М.; 2015.
18. Экологический портал Республики Алтай. Available at: <http://www.ekologia-ra.ru>
19. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2014 год. М.; 2015.
20. Робертус Ю.В., Рихванов Л.П., Пузанов А.В. О проблеме трансграничного переноса отходов предприятий Восточного Казахстана на территорию Алтая. *Мир науки, культуры, образования*. 2010; (4-2): 287–90.

**References**

1. The population of the Russian Federation for municipalities on January 1, 2015. Moscow; 2015. (in Russian)
2. Bratkov A.A., Seregin E.P., Gorenkov A.F. *Chemmotology Rocket and Jet Fuels [Khimmotologiya raketnykh i reaktivnykh topliv]*. Moscow: Khimiya; 1987. (in Russian)
3. Zrelow V.N., Seregin E.P. *Liquid Propellants [Zhidkie raketnye topliva]*. Moscow: Khimiya; 1975. (in Russian)
4. Kasimov N.S., Krechetov P.P., Koroleva T.V. Experimental studying of rocket fuel's behavior in soils. *Doklady akademii nauk*. 2006; 408(5): 668–70. (in Russian)
5. Rodin I.A., Smirnov R.S., Smolenkov A.D., Krechetov P.P., Shpigun O.A. Transformation of unsymmetrical dimethylhydrazine in soils. *Pochvovedenie*. 2012; 4(1): 439–44. (in Russian)
6. Arkhipov V.A., Berezikov A.P., Kozlov E.A., Tret'yakov N.S., Sheremet'eva U.M. Simulation of man-made contaminants in the separation stages of launch vehicles. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Fizika*. 2005; 48(11): 5–9. (in Russian)
7. Morokov Yu.N. Simulation of falling in the atmosphere of residual propellants. *Vychislitel'nye tekhnologii*. 2008; 12(2): 52–9. (in Russian)
8. Dolotov A.E., Kuznetsov G.V., Nemova T.N. Simulation of the process of evaporation of asymmetric dimethylhydrazine in the earth's atmosphere. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*. 2008; 313(4): 23–5. (in Russian)
9. Puzanov A.V., Gorbachev I.N., Arkhipov I.A. Assessment of the impact on ecosystems RKD Altai-Sayan mountain country (1998–2010 years). *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*. 2010; (5): 262–4. (in Russian)
10. Vasilenko V.N., Nazarov I.M., Fridman Sh.D. *Monitoring of Snow Cover Pollution [Monitoring zagryazneniya snezhnogo pokrova]*. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1985. (in Russian)
11. Andrukhova T.V., Bukatyy V.I., Chefranov I.P. The study of the elemental composition of aerosol pollution of snow cover of Barnaul for

- 2002–2005. *Izvestiya Altayskogo gosuniversiteta*. 2006; 1(1): 59–62. (in Russian)
12. Zinchenko G.S., Pavlov V.E., Sutorikhin I.A., Khvostov I.V. The elemental composition of aerosol accumulated in snow cover of the Altai Territory. *Optika atmosfery i okeana*. 2006; 19(6): 513–7. (in Russian)
  13. Ermakov A.A., Karpova E.A., Malysheva A.G., Mikhaylova R.I., Ryzhova I.N. Monitoring of the content of heavy metals and elements in the snow cover in agricultural soils at the territory of the Moscow region. *Gigiena i sanitariya*. 2015; 94(5): 31–6. (in Russian)
  14. Conduct studies changes in the chemical composition of atmospheric precipitation on Yailyu station during the winter periods in the last 3 years. Technical report. St. Petersburg: Glavnaya geofizicheskaya observatoriya im. A.I. Voeykova; 2013. (in Russian)
  15. Gorbachev I.V., Baboshkina S.V. The impact of the Altai Mining tailings processing plant on the environment. *Polzunovskiy vestnik*. 2005; 4(1): 179–82. (in Russian)
  16. Svistov P.F., Polishchuk A.I., Pershina N.A. Qualitative assessment of pollution (according to the chemical composition of atmospheric precipitation). *Trudy glavnoy geofizicheskoy observatorii im. A.I. Voeykova*. 2010; (2): 4–18. (in Russian)
  17. The State Report «On the state of the Russian Federation, and the Environmental Protection Act 2014». Moscow; 2015. (in Russian)
  18. Environmental Portal of the Republic of Altai. Available at: <http://www.ekologia-ra.ru> (in Russian)
  19. Review of Pollution in the Russian Federation in 2014. Moscow; 2015. (in Russian)
  20. Robertus Yu.V., Rikhvanov L.P., Puzanov A.V. on the issue of cross-border transport of waste to the East Kazakhstan enterprises of Altai territory. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*. 2010; (4-2): 287–90. (in Russian)

Поступила 04.04.16

Принята к печати 04.10.16

© КУЗНЕЦОВА К.Ю., 2017

УДК 614.777-078

Кузнецова К.Ю.<sup>1,2</sup>

## ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ПАРАЗИТОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

<sup>1</sup>ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Минздрава России, 119991, Москва;<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Первый московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России, 119991, Москва

*В статье обсуждаются недостатки в формировании статистического учета паразитологических показателей в системах социально-гигиенического и гидробиологического мониторингов. Обсуждается актуальность учета свободноживущих простейших группы Амебае, классификации их опасности и роли в развитии воднообусловленной инфекционной патологии населения. Проведена аналитическая факторизация состояния поверхностных вод и рассмотрены локальные значения паразитарного загрязнения. Установлено, что сводные статистические отчеты федеральных учреждений-участников государственного мониторинга водных объектов формируются в рамках узкоспециализированных параметров и не инкорпорированы в единую базу учета. Даны рекомендации по организации комплексной оценки биологической безопасности источников водопользования.*

**Ключевые слова:** паразитарные патогены; гигиеническое нормирование; паразитологические показатели; гидробиологический мониторинг; свободноживущие простейшие; биологическая безопасность; общее протозойное число; протозойный индекс.

**Для цитирования:** Кузнецова К.Ю. Оптимизация методов государственного мониторинга водных объектов по паразитологическим показателям. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(5): 437-442. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-5-437-442>

Kuznetsova K. Yu.<sup>1,2</sup>

### OPTIMIZATION OF METHODS OF STATE MONITORING OF WATER BODIES FOR PARASITOLOGICAL INDICES

<sup>1</sup>Center for Strategic Planning and Management of Medical and Biological Risks for Health of the Ministry of Health care of the Russian Federation, 119991, Moscow;<sup>2</sup>I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, 119991, Russian Federation

*In an article there are discussed flaws in the formation of statistical parasitological indices in systems of socio-hygienic and hydrobiological monitoring. There is considered the relevance of free-living protozoa Amoebae accounting group, classification of the hazard and the role in the development of the water caused infectious morbidity of the population. There is presented an analytical factorization of the state of surface waters and there are considered the local values of parasitic contamination. Summary statistical reports of federal institutions - participants of the state monitoring of water bodies were established to be formed within the framework of closely specified indices and not be incorporated in the common accounting database. There are provided recommendations on the organization of a comprehensive evaluation of the biological safety of water sources.*

**Key words:** parasitic pathogens; hygienic regulation; parasitological indices; hydrobiological monitoring; free-living protozoa; biological safety; total number of protozoan; protozoal index.

**For citation:** Kuznetsova K. Yu. Optimization of methods of state monitoring of water bodies for parasitological indices. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(5): 437-442. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-5-437-442>

**For correspondence:** Kamalya Yu. Kuznetsova, MD, PhD, associate professor of the Department of Tropic medicine and parasitological diseases of the I. M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, 119991, Russian Federation. E-mail: kama.123@yandex.ru

**Conflict of interest.** The author declare no conflict of interest.

**Acknowledgement.** The study had no sponsorship.

Received: 29 February 2016

Accepted: 04 October 2016

**Для корреспонденции:** Кузнецова Камалья Юнисовна, канд. мед. наук, доцент кафедры «Тропическая медицина и паразитарные болезни» ГБОУ ВПО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России 119435, Москва. E-mail: kama.123@yandex.ru