

## Физико-химические свойства природных вод в районе городской свалки твердых бытовых отходов (Южно-Сахалинск)

© 2019 *О. А. Никитенко\**, *В. В. Еришов*

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия*

*\*E-mail: nikitenko.olga@list.ru*

Выполнены исследования физико-химических параметров поверхностных вод и снежного покрова в районе городской свалки твердых бытовых отходов (ТБО) г. Южно-Сахалинск. На основе полученных результатов сделана первичная оценка эколого-геохимического состояния исследуемой территории. Установлено, что концентрации основных анионов ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) и катионов ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) в природных водах находятся в пределах ПДК. Превышение установленного норматива выявлено только в содержании  $\text{NO}_2^-$  в водах р. Сусуя на всех пунктах ее опробования. Анализ данных о содержании органического вещества в водах показал, что свалка ТБО является источником поступления в речные воды органических форм углерода и азота.

**Ключевые слова:** природные воды, химический состав, анионы, катионы, антропогенная нагрузка, Сахалин.

## Physical-chemical properties of natural waters in the area municipal solid waste landfill (Yuzhno-Sakhalinsk)

*Olga A. Nikitenko\**, *Valery V. Ershov*

*Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

*\*E-mail: nikitenko.olga@list.ru*

The physical-chemical parameters of surface water and snow cover were investigated in the area of the municipal solid waste landfill of Yuzhno-Sakhalinsk. Based on the results obtained, an analysis of the environmental-geochemical state of the studied area has been performed. It was established that the concentrations of the main anions ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) and cations ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) in natural waters are within the MPC. The excess of MPC was revealed only in the  $\text{NO}_2^-$  content in the waters of the Susuya River at all points sampling. Analysis of data on the content of organic matter in waters showed that the landfill is a source of organic carbon and organic nitrogen in river waters.

**Keywords:** natural waters, chemical composition, anions, cations, anthropogenic impact, Sakhalin Island.

### Введение

Вещественный состав элементов гидросферы, его формирование и изменение происходят под влиянием не только естественных, но и антропогенных факторов. Исследование природных вод различных категорий в условиях антропогенной нагрузки является актуальной задачей для Сахалинской области. Сахалин занимает одно из первых мест в стране

по запасам водных ресурсов и представляет собой уникальный регион, где широко распространены месторождения минеральных и термальных вод [Жарков, 2019]. Кроме того, здесь расположены такие геологические объекты, как грязевые вулканы, представляющие собой очаги естественной разгрузки подземных флюидов на земную поверхность. Значимую роль в формировании химического

Работа выполнена в рамках государственного задания ИМГиГ ДВО РАН.

состава минеральных и грязевулканических вод играют атмосферные осадки и поверхностные воды суши, поскольку именно они являются одними из источников пополнения ресурсов подземной гидросферы. Вопросы формирования химического состава подземных флюидов имеют не только теоретическое, но и практическое значение. Антропогенное загрязнение метеорных вод и поверхностных вод суши может повлечь за собой изменения естественного физико-химического состояния подземных флюидов, а также привести к неотвратимым изменениям их бальнеологических свойств.

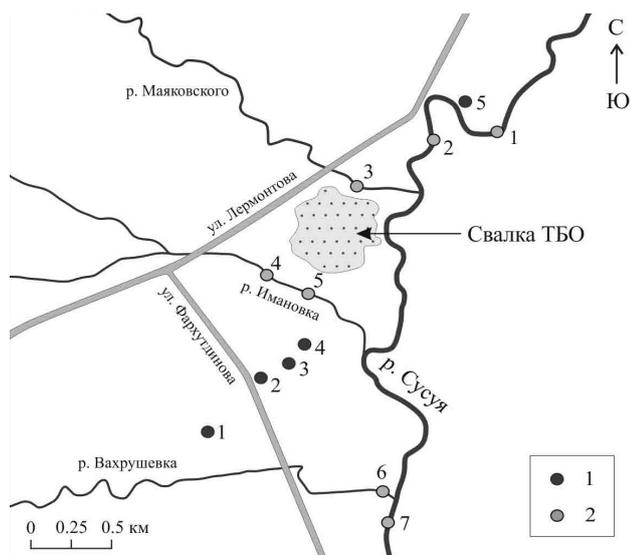
Интенсивное развитие промышленности в регионе в рамках реализации федеральной целевой программы как территории опережающего экономического развития способствует осуществлению все новых и новых проектов в сфере материального производства. В свою очередь расширение масштабов производственной деятельности вызывает потенциальную опасность усиления загрязнения водных экосистем и, как следствие, всех других компонентов окружающей среды. В то же время в Сахалинской области остаются нерешенными проблемы сбора, переработки и утилизации отходов производства и потребления. Основной из них является размещение отходов на свалках, расположенных на экологически непригодных для этого территориях. Нарушение правил обращения с отходами отражается на эколого-геохимическом состоянии окружающей среды. Загрязнение природных ландшафтов от свалок твердых бытовых и промышленных отходов происходит за счет поверхностного стока с атмосферными осадками, в результате которого негативно воздействию подвергаются почвы, грунтовые и поверхностные воды. В них концентрируются химические элементы, вследствие чего формируются геохимические аномалии [Витковская, 2012]. Поллютанты проникают в окружающую среду также вместе с фильтратом – жидкой фазой, выделяющейся из отходов при прохождении через толщу свалки атмосферных осадков и при биохимическом разложении органической массы [Abd El-Salam, Abu-Zuid, 2015]. Органическая фракция выступает одним из основных факторов опасности при складировании и захоронении

отходов, так как под действием продуктов трансформации органического вещества различного происхождения происходит изменение окислительно-восстановительных условий в свалочных массах, а в результате этого в них увеличивается подвижность токсичных химических элементов [Samadder et al., 2017]. Свалочный фильтрат напрямую поступает в подземные воды и таким образом в открытые водотоки и водоемы, в которых питание осуществляется грунтовыми водами. Зона воздействия полигонов ТБО на подземные воды может распространяться на значительное расстояние от источника загрязнения [Han et al., 2016]. Не менее серьезную опасность для природных ландшафтов представляют полигоны складирования снежных масс, которые также являются причиной увеличения концентраций загрязняющих веществ в водных объектах и почвах [Лобкина и др., 2016].

Целью данной работы является исследование физико-химических параметров речных вод и снежного покрова в районе городской свалки ТБО г. Южно-Сахалинск. Такое исследование позволит дать первичную оценку эколого-геохимического состояния окружающей среды в этом районе, а также получить некоторые представления о степени трансформации природных вод и источниках поступления в них веществ техногенного происхождения.

### **Объект и методы исследования**

Свалка ТБО г. Южно-Сахалинск расположена в центральной части Сусунайской долины, между реками Маяковского и Имановка, в районе их впадения в один из крупнейших водотоков южного Сахалина – р. Сусуя (рис. 1). Свалка образовалась стихийным образом без проведения подготовительных мероприятий по обеспечению экологической безопасности и эксплуатируется с 1941 г. Необходимо отметить, что размещение отходов на данном полигоне ТБО производится в непосредственной близости к руслам прилегающих рек. Очевидно, что несоблюдение правил эксплуатации полигона делает этот объект потенциальным источником загрязнения не только атмосферы, но и почв, поверхностных и грунтовых вод. При этом р. Сусуя относится к категории водных объектов рыбохозяйственного значения,



**Рис. 1.** Карта-схема пунктов отбора образцов снежного покрова (1) и проб речных вод (2) в районе городской свалки ТБО г. Южно-Сахалинск.

поэтому любая деятельность с нарушением природоохранного законодательства влечет за собой серьезные экологические последствия.

Эколого-геохимическая оценка состояния территории в зоне влияния городской свалки проводилась на основе физико-химических исследований образцов снежного покрова и речных вод. Опробование природных вод разных категорий необходимо для интегральной оценки антропогенного воздействия на исследуемую территорию. Снежный покров, являясь естественным накопителем химических элементов за зимний период, позволяет косвенно оценить уровень загрязнения атмосферы в холодное время года [Бордон, 1996]. Учитывая тот факт, что питание рек южного Сахалина смешанное, с преобладанием сне-

гового в период половодья (апрель–июнь) и грунтового в периоды летней (июль–август) и зимней (ноябрь–март) межени, вынос загрязняющих веществ с водосборных территорий под воздействием талых вод является одной из важных составляющих внешней нагрузки на водные объекты [Атлас... , 1967].

Отбор образцов снежного покрова проводился по общепринятой методике в период максимального накопления снегового слоя (март 2017 г.). Мощность снежного покрова в местах отбора составляла в среднем 65 см. Состояние снежного покрова территории на момент отбора проб представлено на рис. 2. Точки пробоотбора располагались в основном к юго-западу от городской свалки. При этом точка 2 расположена в нескольких метрах от автодороги. Для опробования выбирали участки с ненарушенным состоянием снежного покрова. Керны снега отбирали на всю глубину снегового слоя, за исключением нижних 3–5 см, чтобы избежать загрязнения пробы грунтом. Пробы снега растапливали естественным путем при комнатной температуре.

Ранее в работе [Сахаров и др., 2014/2015] было выявлено загрязнение подземных вод фильтратом, выходящим из тела свалки ТБО г. Южно-Сахалинск, о чем свидетельствовали результаты гидрогеохимического опробования грунтовых вод. Исследование поверхностных вод в указанной работе не проводилось. Поэтому мы провели опробование вод на реках, наиболее близко расположенных к телу свалки (Сусуя, Маяковского, Имановка и Вахрушевка). Для получения информации, объективно



**Рис. 2.** Состояние снежного покрова в районе городской свалки ТБО г. Южно-Сахалинск. Стрелками показаны места отбора образцов № 2 (а) и № 3 (б).

отражающей влияние фильтрата свалки на качество речных вод, опробование рек проводилось в период летней межени, когда грунтовые воды играют главную роль в водном питании рек (июль 2017 г.). Состояние речных вод исследуемой территории представлено на рис. 3. Всего было проанализировано 5 образцов снежного покрова и 7 проб речных вод. Географические координаты точек и расстояния между ними определялись с помощью навигационной системы GPS.

Химико-аналитические исследования снеготалых и речных вод выполнены в Центре коллективного пользования ИМГиГ ДВО РАН. В речных водах и расплавах снежного покрова определялись: водородный показатель (рН), удельная электрическая проводимость, ионный состав ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), содержание органического и неорганического углерода, общего азота, а также концентрация взвешенных веществ. Водородный показатель измерялся с помощью рН-метра WTW 3110, удельная электрическая проводимость – с помощью кондуктометра «Эксперт-002». Концентрацию  $\text{HCO}_3^-$  определяли титриметрическим методом с визуальной индикацией конечной точки титрования, ионный состав вод – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с помощью хроматографа LC-20 Prominence с кондуктометрическим детектором (Shimadzu, Япония). Анализ на содержание органического (ТОС) и неорганического (IC) углерода выполнен на анализаторе TOC-L-CSN (Shimadzu, Япония), содержание общего азота (TN) – на приставке TNM-L (Shimadzu, Япония). Взвешенные ве-

щества в снеготалых и речных водах определяли гравиметрическим методом [ПНДФ... , 2012]. Для этого водные образцы фильтровали через бумажные фильтры «синяя лента», предварительно высушенные и взвешенные. Фильтры с твердой фракцией загрязняющих веществ высушивали в сушильном шкафу при температуре 105 °С до абсолютно сухого веса, после чего взвешиванием определяли массу твердой фракции.

Индикация геохимического загрязнения речных вод проводилась на основании сопоставления концентраций определяемых веществ с ПДК для рыбохозяйственных водоемов [Об утверждении... , 2016]. Нормативного документа для оценки загрязнения снежного покрова нет, но поскольку талые воды могут оказывать значительное влияние на экологическое состояние естественных водотоков, то для более объективной индикации геохимического загрязнения снежного покрова целесообразно также ориентироваться на ПДК для рыбохозяйственных водоемов.

В настоящее время существует большое число классификаций природных вод по их химическому составу [Широкова, 2013]. В работе мы использовали наиболее распространенную классификацию С.А. Щукарева [Щукарев, 1934]. По данной классификации название химического типа воды дается отдельно по преобладающим анионам и катионам (в порядке их убывания), содержания которых превышают 25 %-экв.

Заметим, что для полной и корректной эколого-геохимической оценки исследуемой территории необходимо провести многолет-

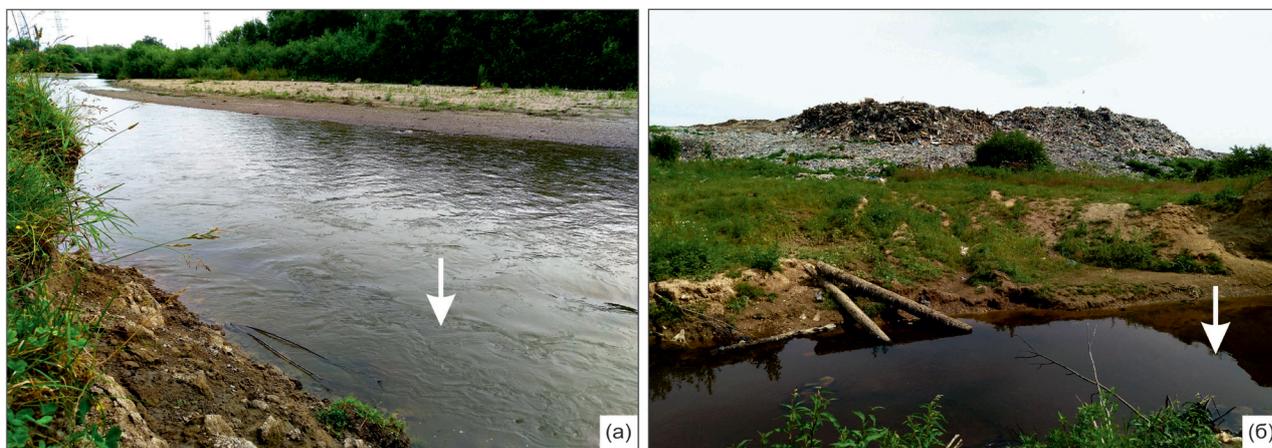


Рис. 3. Состояние водных объектов в районе городской свалки ТБО г. Южно-Сахалинск. Стрелками показаны места отбора образцов № 1 (а) и № 5 (б).

ние, в том числе сезонные, наблюдения за физико-химическими свойствами природных вод (включая их микрокомпонентный состав) с учетом основных гидрологических характеристик водных объектов. В связи с этим полученные нами результаты и выводы следует считать предварительными.

### Результаты и обсуждение

Химико-аналитические исследования снеготалых вод показали, что концентрации основных анионов ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) и катионов ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) в образцах находятся в пределах ПДК, установленных для водоемов рыбохозяйственного значения (см. таблицу). Величина минерализации в расплавах снежного покрова возрастает по мере приближения к автомобильной дороге, что отражает тенденцию увеличения антропогенной нагрузки на исследуемую территорию в этом направлении. В пунктах опробования, максимально отдаленных от проезжей части, величина общей минерализации талых вод составляет около 20 мг/л, тогда как в непосредственной близости к автодороге (точка № 2) достигает 55 мг/л. Тенденция повышения общей минерализации при приближении к автомобильной дороге может отражать факт применения противогололедных средств. Одними из основных компонентов противогололедных реагентов являются  $\text{NaCl}$ , а также  $\text{CaCl}_2$  [Антропова и др., 2019]. Анализ данных показал, что наблюдаемый рост минерализации снеготалых вод вблизи проез-

жей части происходит вследствие увеличения в них преимущественно концентраций  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$ , тогда как с удалением от автодороги содержание данных ионов в снежном покрове заметно снижается (рис. 4). Стоит отметить, что с приближением к автодороге в снеготалых водах наблюдаются изменения в соотношении главных ионов и переход от гидрокарбонатно-хлоридного кальциево-натриевого к хлоридно-гидрокарбонатному натриево-кальциевому типу вод. Таким образом, вследствие антропогенного воздействия в снежном покрове происходит нарушение природного соотношения главных ионов, которое в благоприятных экологических условиях представляет следующее распределение:  $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+}$  и  $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$  [Самарина, 1977].

Снеговые воды на всех пунктах пробоотбора характеризуются слабокислой реакцией среды: pH варьирует от 5.1 до 5.6. При движении в юго-западном направлении от тела свалки к автомобильной дороге (от точки № 4 к точке № 2) наблюдается незначительное подщелачивание снежных выпадений. Можно предположить, что это обусловлено влиянием

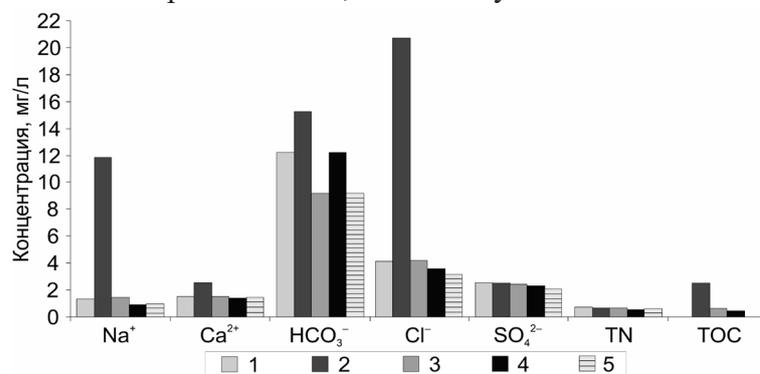


Рис. 4. Химический состав снеготалых вод в районе городской свалки ТБО г. Южно-Сахалинск в точках отбора (см. рис. 1).

### Химический состав снеготалых и речных вод в районе городской свалки ТБО г. Южно-Сахалинск (в мг/л)

Показатель, элемент	Образцы снега					Образцы речных вод							ПДК
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	
pH	5.2	5.6	5.2	5.1	5.4	7.3	7.1	7.0	6.7	6.7	7.0	6.9	6.5–8.5
$\text{Na}^+$	1.4	11.7	1.4	0.9	1.0	15.9	15.0	8.8	8.1	8.2	13.6	14.4	120
$\text{K}^+$	–	0.3	–	–	–	1.2	1.0	0.8	1.7	1.7	1.0	1.0	50
$\text{Ca}^{2+}$	1.5	2.6	1.5	1.4	1.4	14.2	12.1	4.9	6.6	6.1	7.9	12.7	180
$\text{Mg}^{2+}$	–	–	–	–	–	2.6	2.4	2.2	2.1	2.2	2.1	2.5	40
$\text{Cl}^-$	4.1	20.7	4.2	3.6	3.2	10.6	9.3	7.1	8.0	8.4	8.3	9.8	300
$\text{NO}_3^-$	–	–	–	–	–	0.18	0.14	–	–	–	–	0.15	0.08
$\text{NO}_2^-$	1.7	1.6	1.5	1.2	1.2	2.4	1.3	0.5	1.3	0.5	0.8	0.8	40
$\text{SO}_4^{2-}$	2.6	2.5	2.5	2.3	2.1	13.2	14.0	8.5	5.6	5.8	17.7	13.4	100
$\text{HCO}_3^-$	12	15	9	12	9	80	70	43	46	52	52	73	нет
TOC	–	2.5	0.6	0.4	–	–	0.3	2.2	5.7	6.0	0.8	0.6	нет
TN	0.7	0.6	0.7	0.5	0.6	0.8	0.5	0.3	0.6	0.5	0.3	0.7	нет

Примечание. Прочерк – не обнаружено. Значения ПДК представлены для вод рыбохозяйственного назначения.

автотранспорта, который является источником поступления в атмосферу оксидов углерода, азота и серы. Эти оксиды, соединяясь с атмосферной влагой, превращаются в соответствующие кислоты.

Химико-аналитическими исследованиями речных вод установлено, что воды рек Сусуя, Маяковского, Имановка и Вахрушевка являются ультрапресными с минерализацией от 75 до 140 мг/л и относятся к гидрокарбонатному натриево-кальциевому типу. Минерализация вод в р. Сусуя значительно выше, чем в ее притоках, и составляет около 130 мг/л как в верхнем (точка № 1), так и в нижнем (точка № 7) створе (рис. 5). Значения рН в речных водах варьируют от 6.7 до 7.3, что соответствует нормативу для водоемов рыбохозяйственного значения. Содержание основных анионов ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) и катионов ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) в образцах речных вод также находится в пределах ПДК для вод рыбохозяйственного назначения (см. таблицу). Но концентрация  $\text{NO}_2^-$  во всех пунктах пробоотбора на р. Сусуя в среднем в 2 раза превышает ПДК, тогда как в ее притоках – реках Маяковского, Имановка и Вахрушевка  $\text{NO}_2^-$  не обнаружен.

Содержание общего органического углерода (ТОС) варьирует в диапазоне от 0 до 2.5 мг/л в атмосферных выпадениях и от 0 до 6.0 мг/л – в водах рек. Максимальным содержанием ТОС в снеговых пробах установлено в пункте пробоотбора, расположенном возле проезжей части (точка № 2). По мере снижения автотранспортной нагрузки концентрации общего органического углерода в исследуемых образцах уменьшались. Значительное превышение содержания ТОС относительно других мест отбора выявлено в точках № 3, 4 и 5 – на реках Маяковского

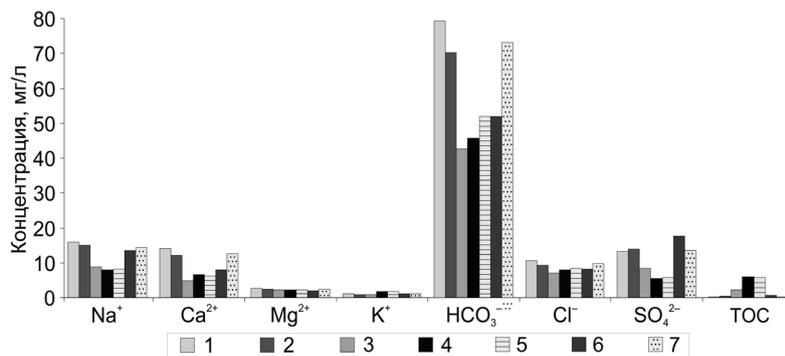


Рис. 5. Химический состав речных вод в районе городской свалки ТБО г. Южно-Сахалинск в точках отбора (см. рис. 1).

и Имановка, протекающих в непосредственной близости возле свалки ТБО.

Метод оценки органической загрязненности воды по содержанию в ней общего органического углерода получает все большее распространение [Kapelewska et al., 2019]. ТОС является интегральным показателем содержания органического вещества в природных водах: веществ гумусовой природы (гуминовых кислот и фульвокислот), а также углеводородов (нефтепродуктов и ароматических углеводородов). В настоящее время содержание общего органического углерода нормируется только для вод питьевого назначения, расфасованных в емкости. В отношении категории вод рыбохозяйственного значения норматив, регламентирующий содержание общего органического углерода, не установлен. Поэтому оценка степени загрязнения исследуемых вод органическим веществом проводилась косвенным методом – по результатам расчета химического потребления кислорода (ХПК). ХПК является одним из основных показателей степени загрязнения питьевых, природных и сточных вод органическими соединениями, который выражается в количестве сильного окислителя (пересчитанного на кислород), затрачиваемого на окисление органических веществ. Расчет ХПК проводился по известной методике, приведенной в работе [Гусева и др., 2000]. Для перерасчета ХПК из ТОС использовалась формула  $\text{ХПК} = \text{ТОС} / 0.375$ , где 0.375 – коэффициент, равный отношению количества вещества эквивалента углерода к количеству вещества эквивалента кислорода.

В соответствии с требованиями, предъявляемыми к водным объектам хозяйственно-бытового назначения, величина ХПК в них не должна превышать 15 мг О/л, тогда как для водоемов рекреационного водопользования и находящихся в черте населенных пунктов допускается величина ХПК до 30 мг О/л [СанПиН... , 1988].

В исследуемых образцах снеготалых вод ХПК не превышает допустимые значения. Наибольший уровень ХПК – 6.7 мг О/л отмечается в пробе снега на незначительном удалении от автодороги (точка № 2).

В речных же водах, в точках опробования № 4 и № 5, ХПК незначительно превышает норматив для вод категории хозяйственно-бытового назначения и составляет 15.1 и 16 мг О/л соответственно. Сверхнормативные концентрации общего органического углерода в речных водах могут косвенно указывать на превышение содержания в них гумусовых веществ и/или углеводов, которые относятся к числу наиболее распространенных и опасных веществ, загрязняющих поверхностные воды.

Содержание общего азота в пробах снега составляет от 0.5 до 0.7 мг/л, речных водах – от 0.3 до 0.8 мг/л. Практически во всех снеготалых водах около 50 % от концентрации общего азота приходится на долю нитратного азота. В речных водах сумма нитритного и нитратного азота составляет примерно от 20 до 70 % от общего азота. Необходимо отметить, что азот в воде находится не только в составе неорганических соединений, таких как  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , но и в виде органических соединений. Содержание органического азота является важным показателем санитарно-гигиенического состояния водных объектов. Источником органического азота в природных водах являются продукты разложения белков животного и растительного происхождения, микроорганизмы, а также нефтепродукты. Органический азот определяли в виде разницы между концентрацией общего и неорганического азота. На долю органического азота в некоторых образцах речных вод приходится достаточно большое процентное содержание (около 80 %). Преобладание органических веществ азотной группы выявлено в речных пробах № 3 и № 5.

Анализ данных по количеству аэрозольных выпадений в окрестностях городской свалки показал, что наибольшая пылевая нагрузка на территорию отмечается в точке № 2, расположенной возле проезжей части. Концентрация аэрозольных частиц здесь составляет 290 мг/л. Во всех остальных пунктах отбора содержание взвешенного вещества не превышает 70 мг/л. Если бы источником загрязнения прилегающей территории аэрозольными частицами была свалка ТБО, то, в силу преобладания в зимний период 2017 г. северного, северо-западного и се-

веро-восточного направлений ветра (<http://weatherarchive.ru/Pogoda/Yuzhno-Sakhalinsk>), максимальное содержание твердых веществ следовало бы ожидать в точке опробования № 4, а минимальное – в точке № 5. Однако концентрация взвешенного вещества в данных образцах снега находится на одном уровне. Поэтому можно предположить, что поступление взвешенных веществ в снеговые выпадения в точке опробования № 2 обусловлено высокой автотранспортной нагрузкой.

Концентрация взвешенных веществ в речных водах составляет в среднем около 300 мг/л. Незначительные различия в содержании взвешенных веществ во всех пробах речных вод позволяют исключить полигон ТБО в качестве источника поступления твердого вещества в речные воды. Привнос твердой фракции в речные воды может быть обусловлен интенсивными эрозионно-денудационными процессами, происходящими в бассейне реки, или хозяйственной деятельностью, осуществляемой выше полигона ТБО по течению рек. По данным [Грепачевский, 1970], для рек южного Сахалина характерна усиленная речная эрозия и, как следствие, повышенные значения мутности воды до 400 г/м<sup>3</sup>.

### Выводы

Показано, что концентрации основных анионов ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) и катионов ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) в речных водах в районе городской свалки ТБО г. Южно-Сахалинск находятся в пределах ПДК, установленных для водоемов рыбохозяйственного значения. Превышение отмечено только в содержании  $\text{NO}_2^-$  в водах р. Сусуя на всех пунктах ее опробования.

Выявлено поступление в поверхностные воды, находящиеся в непосредственной близости к телу свалки (р. Имановка), органических форм углерода. Преобладание органических веществ азотной группы зафиксировано также в р. Имановка и Маяковского.

По результатам исследования снежного покрова влияние свалки ТБО на приземный слой атмосферы в зимний период не установлено. Повышение степени минерализации снеготалых вод и нарушение природного соотношения главных ионов происходит в зоне более интенсивной автотранспортной

нагрузки, вероятно, за счет использования противогололедных смесей и в результате выбросов выхлопных газов. Максимальное содержание веществ органического происхождения в снеготалых водах также отмечено в пунктах опробования вблизи проезжей части.

Пылевая нагрузка на некоторых участках исследуемой территории довольно высокая. Источником пылевого загрязнения снежного покрова выступает, скорее всего, автомобильный транспорт. Тогда как поступление взвешенного вещества в речные воды, вероятно, обусловлено хозяйственной деятельностью или русловой эрозией.

На основе анализа физико-химических параметров снежного покрова и речных вод в районе городской свалки ТБО г. Южно-Сахалинск сделан предварительный вывод об удовлетворительной эколого-геохимической обстановке на данной территории.

#### Список литературы

1. Антропова Н.С., Водянова М.А., Сбитнев А.В., Абрамов Е.Г., Середя А.Е. Оценка методов химического анализа атмосферного воздуха в зимний период при применении противогололедных материалов // *Химическая безопасность*. Т. 3, № 1. С. 83–95. doi.org/10.25514/CHS.2019.1.15011
2. *Атлас Сахалинской области*. М.: ГУГК при Совете Министров СССР, 1967. 135 с.
3. Бордон С.В. Формирование геохимических аномалий в снежном покрове урбанизированных территорий // *Литосфера*. 1996. № 5. С. 172–177.
4. Витковская С.Е. *Твердые бытовые отходы: антропогенное звено биологического круговорота*. СПб: АФИ, 2012. 123 с.
5. Гречаевский И.В. Мутность рек Сахалина // *Известия Сахалинского отдела Географического общества СССР*. 1970. Вып. 1. С. 71–78.
6. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А., Виниченко В.Н., Аверочкин Е.М. *Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справ. материалы*. М.: Соц.-экол. союз, 2000. 148 с.
7. Жарков Р.В. Физико-химические свойства термальных вод Лунских источников (остров Сахалин) // *Геосистемы переходных зон*. 2019. Т. 3, № 2. С. 249–255. doi.org/10.30730/2541-8912.2019.3.2.249-255.
8. Лобкина В.А., Генсировский Ю.В., Ухова Н.Н. Геоэкологические проблемы участков, занятых снежными полигонами в городах (на примере г. Южно-Сахалинск) // *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология*. 2016. № 6. С. 510–520.
9. ПНДФ 14.1:2:4.254-2009. *Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовых концентраций взвешенных веществ и прокваленных взвешенных веществ в пробах питьевых, природных и сточных вод гравиметрическим методом*. М., 2012. 12 с.
10. *Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения*: Приказ Мин-ва сельского хозяйства РФ от 13.12.2016 № 552. М., 2016. 153 с.
11. Самарина В.С. *Гидрогеохимия*. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1977. 360 с.
12. СанПиН 4630-88. *Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения*. М., 1988. 59 с.
13. Сахаров В.А., Морозова О.А., Выпрямкин Е.Н., И К.Х., Файзулин Д.Р. Влияние свалки твердых бытовых отходов на водные объекты (на примере городской свалки в городе Южно-Сахалинске) // *Ученые записки Сахалинского государственного университета*. 2014/2015. № 11/12. С. 87–91.
14. Широкова В.А. Классификация природных вод: прошлое, настоящее, будущее // *Вестник Томского гос. ун-та* 2013. Т. 18, вып. 3. С. 1023–1027.
15. Щукарев С.А. Попытка общего обзора грузинских вод с геохимической точки зрения // *Труды Государственного центрального института курортологии*. 1934. Т. 5. С. 159–167.
16. Abd El-Salam M.M., Abu-Zuid G.I. Impact of landfill leachate on the groundwater quality: A case study in Egypt // *Journal of Advanced Research*. 2015. Vol. 6, N 4. P. 579–586. doi.org/10.1016/j.jare.2014.02.003
17. Han Z., Ma H., Shi G., He L., Wei L., Shi Q. A review of groundwater contamination near municipal solid waste landfill sites in China // *Science of the Total Environment*. 2016. Vol. 569–570. P. 1255–1264. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.201
18. Kapelewska J., Kotowska U., Karpinska J., Astel A., Zielinski P., Suchta J., Algrzym K. Water pollution indicators and chemometric expertise for the assessment of the impact of municipal solid waste landfills on groundwater located in their area // *Chemical Engineering J*. 2019. Vol. 359. P. 790–800. doi.org/10.1016/j.cej.2018.11.137
19. Samadder S.R., Prabhakar R., Khan D., Kishan D., Chauhan M.S. Analysis of the contaminants released from municipal solid waste landfill site: A case study // *Science of the Total Environment*. 2017. Vol. 580. P. 593–601. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.003

#### Сведения об авторах

НИКИТЕНКО Ольга Александровна (ORCID 0000-0002-0177-2147), научный сотрудник, ЕРИШОВ Валерий Валерьевич (ORCID 0000-0003-2289-6103), кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник – отдел исследования вещественного состава геосфер, Центр коллективного пользования, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск.