

Изучение эколого-геохимических характеристик поверхностных вод с применением геоинформационных технологий (на примере р. Камчатка)

Калачева Е.Г., Долгая А.А., Волошина Е.В.

Study of ecological and geochemical characteristics of surface waters using geoinformation technologies (using Kamchatka River as an example)

Kalacheva E.G., Dolgaya A.A., Voloshina E.V.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;

e-mail: adolgaya@kscnet.ru

На примере геохимических данных и экологических показателей воды р. Камчатка показаны базовые возможности многофункциональной геоинформационной системы «Эколого-геохимическая характеристика поверхностных вод Курило-Камчатского региона».

Введение

Экологической безопасности Камчатки в последние годы уделяется особенно много внимания. Наиболее активной и потенциально опасной природной зоной региона является Восточный вулканический пояс и Центральная Камчатская депрессия, где расположены самые активные вулканы полуострова, являющиеся потенциальными загрязнителями окружающей среды. Большинство водотоков областей активного вулканизма «заражены» тяжелыми металлами и токсичными соединениями, формирующими местный гидрохимический фон.

В рамках исследования состояния поверхностных вод сотрудниками Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН ведутся наблюдения на различных водотоках региона, включая крупнейшую реку полуострова – реку Камчатка. Для визуализации накопленного за несколько лет объема гидрогеохимических данных, определения проблемных участков речной сети, требующих пристального внимания и более детального мониторинга, с помощью технологий веб-картографии разработана многофункциональная геоинформационная система «Эколого-геохимическая характеристика поверхностных вод Курило-Камчатского региона». Геоинформационная система создана с использованием программных продуктов компании NextGIS (<https://nextgis.ru/software/>). В настоящий период ГИС находится в стадии накопления информации. По состоянию на март 2025 г. в ГИС содержится 228 пунктов мониторинга, в описании к которым приводится краткая характеристика водотоков, прикреплен фотографический материал с мест опробования. Дополнительно показано местоположение и кратко охарактеризованы очаги разгрузок термоминеральных вод.

Общая характеристика р. Камчатка

Река Камчатка – главная водная артерия Камчатского полуострова протяженностью 758 км и площадью водосбора ~56 000 км². Повышенный интерес к экологическому состоянию экосистем бассейна р. Камчатка заключается в том, что, несмотря на небольшую антропогенную нагрузку, данная территория подвержена значительному влиянию вулканических и гидротермальных процессов. Вулканогенными отложениями сложена долина реки; преобладание туфов в верхней части разреза, высокая трещиноватость и пористость лавовых пород создают благоприятные условия для циркуляции метеорных вод и обогащению минеральными комплексами. Увеличивают минерализацию воды пеплы активных вулканов Ключевской, Безымянный, Шивелуч, поступающие в водосборную площадь во время извержений. Еще одним фактором влияния на химический состав реки Камчатка являются термальные воды, разгружающиеся в бассейнах ее притоков (рис. 1).

Химический состав воды р. Камчатка

В ходе экспедиционных работ 2021-2024 гг. р. Камчатка была опробована от истоков до устья на ключевых участках, определяющих основные факторы формирования химического состава реки (рис. 1), а также на ее основных притоках. Наблюдения в меженный период показали, что во всех точках опробования ее воды пресные с минерализацией менее 150 мг/л и содержанием диоксида кремния 20-25 мг/л. На всем протяжении вода реки имеет близнеутральный рН (6.4-7.5), относится к гидрокарбонатному кальциевому типу. Суммарное количество микроэлементов в ее истоках и до с. Долиновка в среднем составляет ~130 мкг/л. Значительное их увеличение (до 675 мкг/л) наблюдается при приближении реки к Ключевской группе вулканов (точки опробования с. Атласово, Козыревский мост и с. Майское). Резкий скачок в количестве микроэлементов наблюдается в районе п. Ключи (до 2 мг/л) и снижение до 760 мг/л в устье реки.

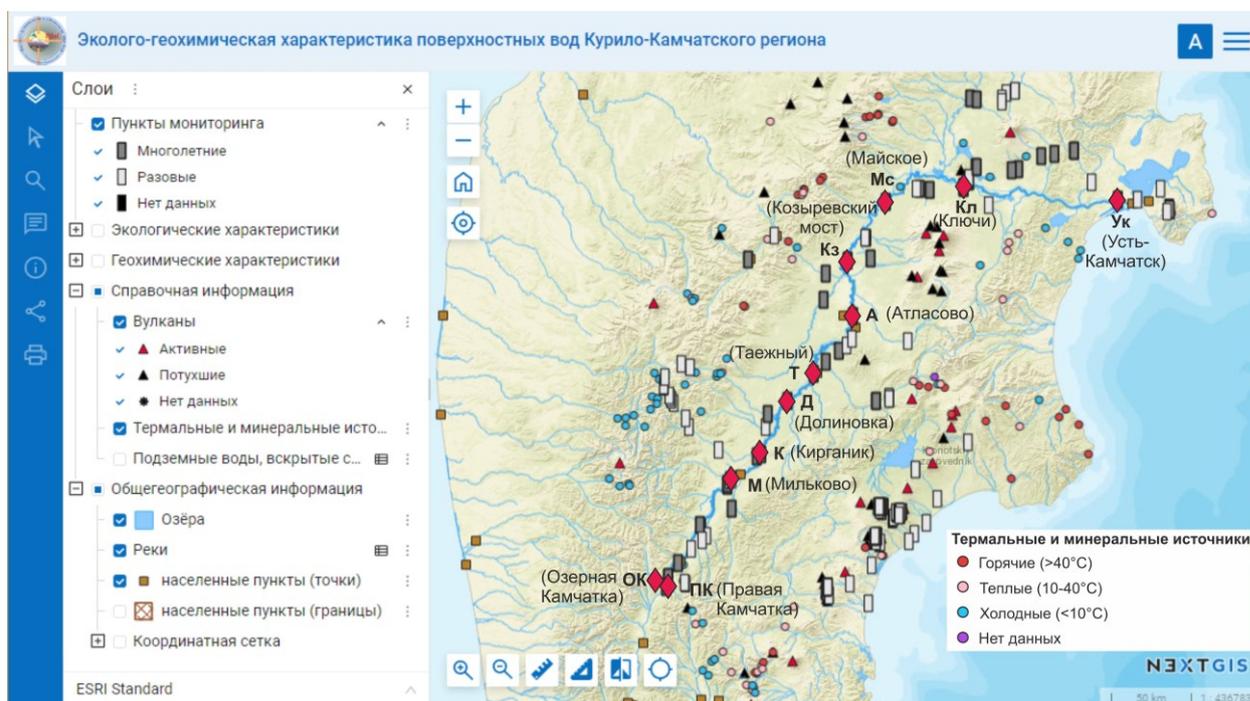


Рис. 1. Вид окна web-ГИС «Эколого-геохимическая характеристика рек Камчатки» и размещение основных постов наблюдения за химическим составом речных вод.

Оценка степени загрязнения реки по гидрохимическим показателям

Оценка степени загрязнения вод реки тяжелыми металлами, токсичными элементами и другими нормируемыми показателями выполнена путем сравнения с установленными нормами предельно допустимых концентраций (ПДК) в водных объектах рыбохозяйственного значения [1]. Для элементов, у которых такие значения не установлены, приняты ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования по ГН 2.1.5.1315-03, для урана – по ГН 2.1.5.2280-07. Кроме того, согласно этим гигиеническим нормативам, в расчетах использованы ПДК для Li, Be, Cr, As, Cd и Ba как более строгие по сравнению с нормативами для рыбохозяйственных водоемов. Выполненная оценка санитарно-гигиенического состояния вод р. Камчатка в осеннюю межень показала превышение для водных объектов рыбохозяйственного значения [1]: Al, V, Mn, Fe, Cu, Zn, As (таблица).

На всем протяжении реки фиксируется превышение ПДК по ванадию (в 1-7 раз) для водных объектов рыбохозяйственного значения. Ванадий является важным показателем экологичности района как токсичный рассеянный элемент,

концентрирующийся в процессе техногенеза. Учитывая крайне низкую нагруженность долины реки производственными предприятиями, способными загрязнять гидросеть данным химическим элементом, наиболее вероятным источником ванадия в речных водах могут быть вулканогенные породы основного состава, широко распространенные на Камчатке. Однако следует отметить, что содержание ванадия в количестве 5-7 мкг/л, которое выявлено в воде р. Камчатка, не опасно при использовании воды для хозяйственно-питьевых нужд. Предельно допустимые концентрации в данном случае составляют 100 мкг/л.

Таблица. Элементы, по которым выявлены превышения ПДК в отдельных гидропостах, и коэффициенты превышения ПДК в речных водах, мкг/л

	ПДК, ХП/РХ	Класс опасности, ХП/РХ	ПК	ОК	М	Д	Т	А	Кз	Мс	Кл	УК
Al	20/40	III/IV	0.29	0.33	0.99	0.44	5.77	3.02	3.19	9.54	31.02	9.27
V	100/1	III/III	5.51	1.10	1.97	1.94	2.02	2.56	5.91	6.05	7.69	6.43
Mn	100/10	III/IV	0.02	0.01	0.31	0.03	1.05	1.15	1.43	0.97	4.61	2.13
Fe	300/100	II/IV	0.03	0.03	0.38	0.10	1.23	1.47	1.68	1.98	8.60	2.89
Cu	100/1	III/III	0.63	0.29	0.45	0.60	1.93	1.42	1.18	1.89	5.01	2.48
Zn	5000/10	III/III	0.43	0.09	0.18	0.06	0.47	0.98	0.15	0.96	1.52	1.71
As	10/10	I/III	0.11	0.06	0.53	0.06	0.24	3.65	7.04	1.14	5.20	1.02

Примечание: ПДК – предельно допустимые концентрации вредных веществ в водах; ХП – хозяйственно-питьевые нужды; РХ – рыбохозяйственного значения.

Для ряда других элементов (Al, Mn, Fe, Cu, Zn, As) превышения ПДК выявлены преимущественно в нижнем течении. Обращает на себя внимание обнаруженная аномалия по мышьяку, максимальные превышения ПДК (в 7 раз) которого обнаружены в районе Козыревского моста и в п. Ключи. Мышьяк – редкий элемент повышенной токсичности (I класс опасности) с высоким коэффициентом миграции, представляет угрозу для людей и животных. Избыток мышьяка в воде провоцирует его быстрое накопление в организме, приводит к отравлению, эрозии кожного покрова. Обычно мышьяк в больших количествах присутствует в воде в регионах с развитой промышленностью, что исключено в исследуемом районе. Наиболее вероятным источником поступления мышьяка в воду служат подземные воды, циркулирующие в вулканических отложениях склонов активных вулканов Ключевской группы и разгружающиеся непосредственно в русло реки. Мощные разгрузки таких вод встречены вблизи п. Козыревск и вблизи п. Ключи. Состав вод в районе п. Козыревск – предмет дальнейших исследований, а в холодных источниках, разгружающихся вблизи п. Ключи, обнаружен мышьяк в количестве 15-20 мкг/л, что в 2 раза превышает ПДК для хозяйственно-питьевых нужд и рыбохозяйственного значения. В районе п. Ключи выявлены также максимальные превышения ПДК в отношении алюминия и железа, в 30 и 8 раз соответственно, что также связано с продуктами вулканической деятельности.

Расчитанные превышения ПДК содержания вредных веществ в пробах также можно посмотреть в ГИС. В соответствии с нормативными документами все проанализированные микроэлементы разделены на различные классы опасности. Каждому элементу присвоен свой условный знак. На рис. 2 показаны пункты мониторинга, в которых наблюдается превышение ПДК для вод, используемых для рыбохозяйственной деятельности. Таблицу объектов слоя можно сортировать по различным столбцам. На рисунке видно, что в некоторых пробах обнаружены концентрации свинца, в 6 раз превышающие предельно разрешенный уровень.

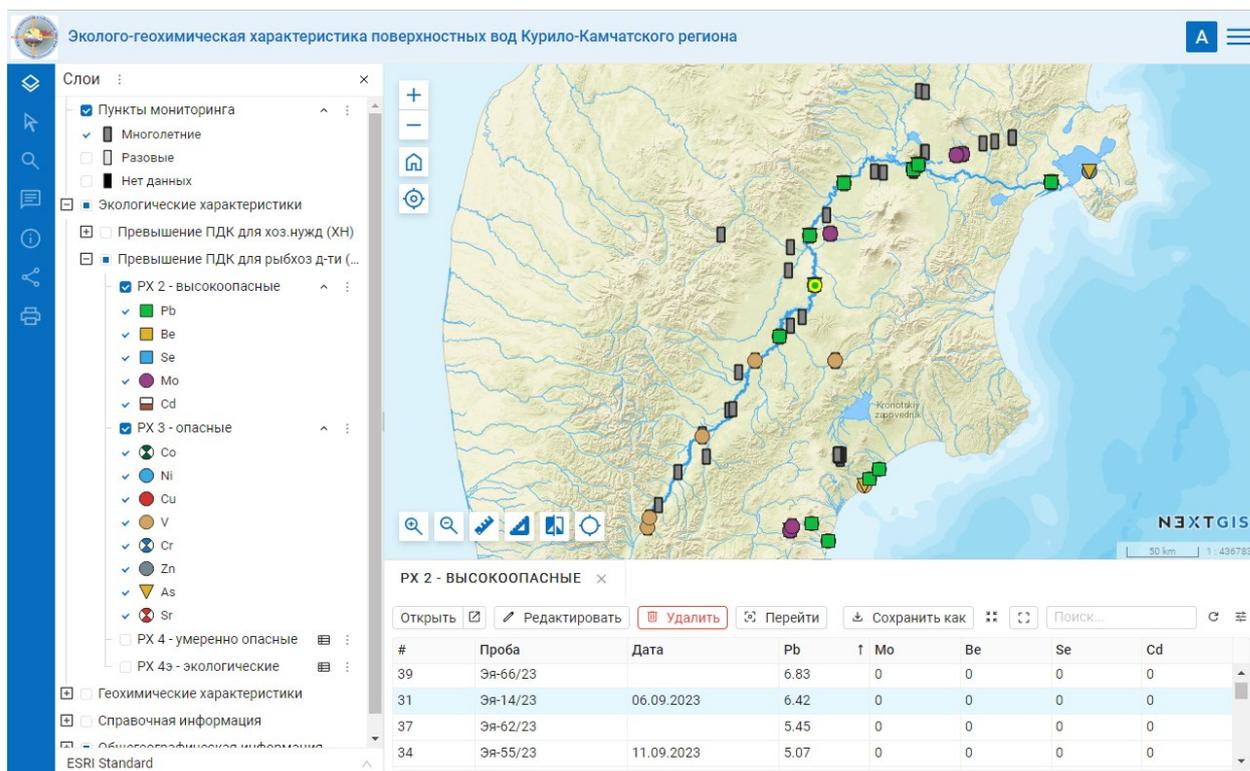


Рис. 2. Отображение на карте пунктов мониторинга, в которых наблюдается превышение ПДК высокоопасных и опасных микроэлементов для воды, используемой в рыбохозяйственной деятельности.

Выводы

Выполненная оценка санитарно-гигиенического состояния вод р. Камчатка в осеннюю межень показала превышение для водных объектов рыбохозяйственного значения: Al, V, Mn, Fe, Cu, Zn, As. Крупная аномалия по содержанию мышьяка определена в районе п. Козыревск. Для ряда других элементов (Al, Mn, Fe, Cu, Zn, As) превышение ПДК выявлены преимущественно в нижнем течении реки.

Созданная геоинформационная система является удобным инструментом для визуализации и анализа собранных данных об эколого-геохимических характеристиках поверхностных вод полуострова Камчатка. Планы развития системы связаны с расширением географического охвата на другие реки Камчатки и Курильских островов. В будущем разрабатываемая ГИС должна стать единой точкой доступа к различным блокам геохимических и экологических данных о речных и озерных водах Курило-Камчатского региона.

Исследование выполняется в рамках темы НИР ИВиС ДВО РАН «Мониторинг влияния вулканической и гидротермальной активности на химический состав рек Камчатки» (FWME-2024-0014).

Литература

1. Приказ Минсельхоза Российской Федерации № 552 от 13.12.2016 г. (ред. от 12.10.2018 г. и от 10.03.2020 г.) «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения: 28.04.2023).