

УДК 551.482.214

## **Техногенное влияние объектов ТЭК на динамику химических микроэлементов в воде малой реки**

**В.В. Головина<sup>а</sup>, А.О. Еремина<sup>а</sup>,  
Н.В. Чесноков<sup>а, в\*</sup>, Б.Н. Кузнецов<sup>а, б</sup>**

<sup>а</sup> *Институт химии и химической технологии СО РАН,  
Россия 660049, Красноярск, ул. К. Маркса, 42*

<sup>б</sup> *Сибирский федеральный университет,  
Россия 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79*

<sup>в</sup> *Красноярский государственный торгово-экономический институт,  
Россия 660075, г. Красноярск, ул. Лиды Прушинской, 2<sup>1</sup>*

Received 3.06.2011, received in revised form 10.06.2011, accepted 17.06.2011

---

*Выявлены особенности сезонных и пространственных изменений концентраций элементов в воде малой реки, протекающей вблизи объектов топливно-энергетического комплекса (ТЭК) в Шарыповском районе Красноярского края. После построения ряда объектов ТЭК река Береша приобрела новые закономерности развития, механизмы миграции и накопления веществ. Отмечены нарушения внутригодовой изменчивости и высокая неоднородность распределения микроэлементов в воде вниз по течению реки. Указано на опасное накопление ряда химических элементов в воде и в донных отложениях реки.*

*Ключевые слова: микроэлементы, техногенная нагрузка, самоочищающая способность.*

---

### **Введение**

Добыча бурых углей открытым способом и использование их приводят к усилению миграции содержащихся в углях микроэлементов и активному воздействию их на окружающую среду [1]. В районах расположения объектов топливно-энергетического комплекса (ТЭК) исследователи отмечают повышение в воздухе, воде и почве таких микроэлементов, как Al, Pb, Zn, Cu, B, Ni, Be, Cr, V и др.[2–4]. Появились исследования, подтверждающие ухудшение здоровья детей, проживающих в зоне влияния ТЭК, отмечается сезонная изменчивость содержания микроэлементов в организме человека, синхронность с динамикой изменения в речной (питьевой) воде [5].

---

\* Corresponding author E-mail address: cnv@icct.ru

<sup>1</sup> © Siberian Federal University. All rights reserved



Рис. 1. Карта-схема бассейна р. Береша

В Красноярском крае на территории расположения ТЭК оказались под негативным техногенным влиянием ряд поверхностных водотоков так называемых малых рек. В частности, в Шарыповской промышленной зоне Красноярского края протекает река Береша. Несмотря на небольшую ее протяженность (85-90 км) из-за низкой водообеспеченности района эта река имеет большое значение для Шарыповской промышленной зоны. Она является источником питьевой воды для ряда населенных пунктов, вода используется животноводческими комплексами и для сельскохозяйственных нужд, транспортными предприятиями. Она же источник водоснабжения объектов ТЭК. Карта-схема бассейна реки представлена на рис. 1.

Река испытывает техногенную нагрузку комплекса Березовской ГРЭС-1, расположенного на берегу реки. В среднем течении река зарегулирована построенным для нужд энергетики водохранилищем. Недалеко от водохранилища сооружены приемники-шламонакопители ГРЭС-1. Вдоль берега реки от угольного разреза до ГРЭС идет транспортер угля. В нижнем течении река испытывает влияние угольного разреза. Откачка шахтной воды на угольном разрезе приводит к депрессионным воронкам, что увеличивает дефицит пресной воды. Из-за открытой добычи угля в районе нарушаются природные ландшафты, скапливаются вскрышные породы.

Исторически сложилось так, что основное внимание уделялось более крупным водотокам и долгое время малые реки были вне сферы исследований. Низкая гидрохимическая изученность р. Береша тормозила развитие долгосрочного прогнозирования. В результате самоочищающая способность реки снизилась настолько, что может быть отнесена к зоне чрезвычайной экологической ситуации.

Цель работы – определить качество воды р. Береша, поверхностного водотока в зоне топливно-энергетического комплекса (ТЭК). Изучить локализацию максимальных преобразований речной долины. Оценить концентрации элементов: Si, Sr, Fe, Al, B, Mn, W, Zn, Pb, Li, Ni, Sn, Cu, Mo, Co, Cr, Ga, Ba, Cd, Ag, V, Be, Bi, Ti и долговременные изменения их в воде р. Береша. Систематизировать данные о фоновых концентрациях элементов в речной воде. Определить сезонные колебания их, а также проанализировать пространственную динамику

изменений концентраций элементов в воде реки при переходе от ее верховьев до места впадения в р. Урюп.

### **Методика и техника эксперимента**

В данной работе приводятся результаты исследований состояния реки, в частности концентрации в воде Si, Sr, Fe, Al, B, Mn, W, Zn, Pb, Li, Ni, Sn, Cu, Mo, Co, Cr, Ga, Ba, Cd, Ag, V, Be, Bi, Ti в зоне наибольшей техногенной нагрузки (среднее и нижнее течение реки), а также в верхнем течении реки.

Всего отобраны более 4800 проб воды и более 130 проб донных отложений. Расстояние между точками отбора проб составляло 3-5 км в верховьях, 2-3 км в среднем течении и 1-2 км в нижнем течении реки. Периодичность отбора проб в начальный период исследования была 3 раза в сезон, в последующие годы 1 раз в сезон. Пробы отбирали в одних и тех же местах на некотором удалении от берега, за исключением зон непосредственного поступления загрязняющих стоков. Воды прибрежных зон, загрязненные поступающими извне стоками, анализировали отдельно.

Во время отбора проб перед их консервированием взвешенные вещества отфильтровывали. В работе приведены в основном сведения для растворимых форм Si, Sr, Fe, Al, B, Mn, W, Zn, Pb, Li, Ni, Sn, Cu, Mo, Co, Cr, Ga, Ba, Cd, Ag, V, Be, Bi, Ti. Анализ растворов был проведен методом инструментальной атомно-абсорбционной спектроскопии.

В качестве дополнительной характеристики изучали процессы донной аккумуляции. С этой целью осуществляли отбор донных отложений одновременно с отбором проб воды в одних и тех же точках. Донные отложения растворяли в кислотах, нерастворимый остаток растворяли после сплавления с карбонатом натрия. Затем анализировали полученные растворы.

Разделение нами реки на три участка отличается от принятого ранее деления лишь на верхнее и нижнее течение [6, 7]. Это обусловлено техногенным преобразованием речной долины: в поймах рек Бадыра и Кадата (левый и правый притоки р. Береша) р. Береша была зарегулирована водохранилищем, построенным для нужд Березовской ГРЭС-1. Вдоль берега реки со временем расположились объекты ТЭК. В результате этого стали резко различаться три участка реки (примерно по 30 км каждый). Первый от истока реки 30 км участок наиболее удален от ГРЭС, больших населенных пунктов и угольного разреза. Вследствие этого он относится к наиболее чистым участкам реки (фоновым). Второй участок расположен в котловинной части бассейна, включает в себя зону водохранилища и ряд расположенных вблизи него объектов ГРЭС. По другой стороне река находится в зоне интенсивного земледелия. Последний участок (30 км до устья реки) испытывает высокую техногенную нагрузку, обусловленную близостью ГРЭС, а также расположенного недалеко угольного разреза и связанных с ними объектов.

Для оценки длительных временных изменений в верховьях р. Береша использованы сопоставления фоновых концентраций химических элементов в водах верховьев рек Береша и Урюпа.

### **Результаты и их обсуждение**

Исследования показали, что для вод р. Береша и других водотоков района характерны более высокие концентрации элементов и веществ, чем для воды р. Урюпа (наиболее крупного

водотока в Шарыповском районе). Даже на наиболее чистом (условно принятом за фон реки) участке р. Береша в верховьях реки значительно выше концентрации ряда элементов (например, Sr, Na, Ca), чем на удаленном от техногенной зоны участке р. Урюпа (этот участок Урюпа принят за фон района).

Береш имеет небольшую ширину русла реки (как правило, не более 20-25 м). Это приводит к появлению существенных отличий от более крупных водотоков. Вода р. Береша в отличие от воды р. Урюпа имеет малый градиент концентрации микроэлементов как по вертикальной (по глубине), так и по горизонтальной (от берега до противоположной стороны) составляющей. Это также один из признаков снижения самоочищающей способности реки.

В результате проведенных исследований выявлены закономерности распределения микроэлементов в воде р. Береша. Как правило, в верховьях реки концентрации микроэлементов минимальны относительно среднего и нижнего ее течения и сопоставимы с общим фоном района исследования. В верховьях реки сохранены практически неизменными сезонные колебания концентраций химических микроэлементов в воде реки. Этот факт подтверждается сопоставлением сезонной динамики последних лет с данными 1989-1993 гг. и данными литературных источников [6, 7].

Основное накопление микроэлементов идет на участке вблизи ГРЭС. Затем в ряде случаев вода реки помимо этого в дальнейшем обогащается микро- и макроэлементами в нижнем своем течении в зоне влияния угольного разреза и селитебных зон. Это показано сопоставлением с периодом начального наблюдения: до начала строительства и запуска ГРЭС и интенсивной работы угольного разреза. При смещении от верховьев вниз по течению реки для ряда элементов накопление их в воде и в донных отложениях привело к нивелированию ранее отмечавшихся сезонных закономерностей. Вместе с тем указанные сезонные закономерности, как уже отмечалось, в основном сохранились для воды верховьев реки и по настоящее время.

Вода р. Береша претерпела значительные изменения за последние 15-20 лет. До начала работы ГРЭС основным источником загрязнения реки был угольный разрез. Шло накопление микроэлементов в зоне сброса сточных и дренажных вод угольного разреза в нижнем течении реки. Впоследствии сброс этих стоков угольного разреза был перенаправлен в искусственно созданный накопитель сточных вод. В то же время появились аномально высокие концентрации микроэлементов в среднем течении реки – зоне влияния ГРЭС. Все попытки снизить концентрации микроэлементов в воде до исходного уровня ни к чему не привели. Проведенное укрепление основания шламонакопителя ГРЭС снизило поступление микроэлементов в подземные воды и частично в поверхностную воду р. Береша. Но этих мер оказалось недостаточно. Искусственное водохранилище (созданное для нужд ГРЭС) стало еще одним источником поступления макро- и микроэлементов (табл. 1) в поверхностный водоток.

Можно предположить, что за более чем 20-летний период химические микроэлементы накопились в донных отложениях вблизи ГРЭС и угольного разреза, и это стало еще одним поставщиком ряда микроэлементов. В табл. 2 приведено сопоставление концентраций микроэлементов в донных отложениях различных участков реки. Показано накопление ряда элементов в среднем и нижнем течении реки. В Береше на наиболее загрязненных участках в донных отложениях обнаружены также бор, германий, галлий, вольфрам, молибден, олово в отличие от донных отложений Урюпа, где эти элементы обнаружены не были [8].

Таблица 1. Содержание некоторых элементов в воде водохранилища, мг/л

Элемент	Водохранилище	Верховья Береша	Возможна подпитка
Al	$1,09 \cdot 10^{-1} - 3,78 \cdot 10^{-1}$	$1,1 \cdot 10^{-1} - 4,5 \cdot 10^{-1}$	
Ba	н/о	н/о	
Be	$1,5 \cdot 10^{-4} - 3,3 \cdot 10^{-4}$	н/о $-1 \cdot 10^{-4}$	+
B	$1 \cdot 10^{-1} - 1,9 \cdot 10^{-1}$	$5 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-1}$	+
V	н/о	н/о $- 1 \cdot 10^{-3}$	
W	$9,7 \cdot 10^{-3} - 4,5 \cdot 10^{-2}$	$2,9 \cdot 10^{-2} - 3,3 \cdot 10^{-2}$	+
Ga	$2,0 \cdot 10^{-3} - 2,7 \cdot 10^{-3}$	н/о	+
Fe	$1,35 \cdot 10^{-1} - 3,49 \cdot 10^{-1}$	$9,5 \cdot 10^{-2} - 3,17 \cdot 10^{-1}$	+
In	н/о $- 1,34 \cdot 10^{-2}$	н/о	
Cd	$3,5 \cdot 10^{-4} - 9,7 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-5} - 7,5 \cdot 10^{-4}$	+
Co	$1,4 \cdot 10^{-3} - 3,9 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3} - 2,7 \cdot 10^{-3}$	+
Si	$1,25 \cdot 10^{-1} - 1,6 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-1} - 3,35$	
Li	$4,8 \cdot 10^{-3} - 1,6 \cdot 10^{-2}$	$4,7 \cdot 10^{-3} - 8,0 \cdot 10^{-2}$	
Mn	$5,60 \cdot 10^{-2} - 1,75 \cdot 10^{-1}$	$1,57 \cdot 10^{-2} - 4,48 \cdot 10^{-2}$	+
Cu	$4,6 \cdot 10^{-3} - 1,0 \cdot 10^{-2}$	$2,1 \cdot 10^{-3} - 5,7 \cdot 10^{-3}$	+
Mo	$5,0 \cdot 10^{-3} - 6,5 \cdot 10^{-3}$	н/о $- 1,7 \cdot 10^{-3}$	
Ni	$6,5 \cdot 10^{-3} - 1,3 \cdot 10^{-2}$	$4,2 \cdot 10^{-3} - 9,2 \cdot 10^{-3}$	+
Pb	$6,4 \cdot 10^{-3} - 1,7 \cdot 10^{-2}$	$4,4 \cdot 10^{-3} - 8,8 \cdot 10^{-3}$	+
Ag	$3,5 \cdot 10^{-4} - 7,2 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-5} - 2,5 \cdot 10^{-4}$	
Sr	$7,7 \cdot 10^{-1} - 9,2 \cdot 10^{-1}$	$2,3 \cdot 10^{-1} - 6,4 \cdot 10^{-1}$	+
Cr	$1,7 \cdot 10^{-3} - 2,8 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-4} - 1,2 \cdot 10^{-3}$	+
Zn	$1,7 \cdot 10^{-2} - 2,8 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2} - 2,0 \cdot 10^{-2}$	

Таблица 2. Содержание некоторых микроэлементов в донных отложениях реки Береша, %

Элемент	Верховья реки	Среднее течение	Нижнее течение
Al	8,6- 9,3	8,5- 9,7	8,7-9,7
Be	0,0001-0,0003	0,0004- 0,0005	0,0004-0,0005
V	0,018-0,025	0,023-0,051	0,022-0,054
Fe	4,31-5,46	5,64-6,48	5,65-6,51
Cd	0,0010-0,0011	0,0015-0,0026	0,0015-0,0022
Co	0,0042-0,0045	0,0046-0,0059	0,0047-0,0057
Li	0,020-0,021	0,023-0,034	0,023-0,029
Mn	0, 130-0,134	0,223-0,292	0,253-0,276
Cu	0,004-0,006	0,007-0,008	0,007-0,009
Ni	0,013-0,014	0,016-0,024	0,017-0,022
Pb	0,011-0,015	0,020-0,023	0,020-0,028
Sr	0,019-0,022	0,039-0,047	0,036-0,047
Cr	0,014-0,018	0,020-0,041	0,018-0,039
Zn	0,020- 0,021	0,021-0,025	0,021-0,026

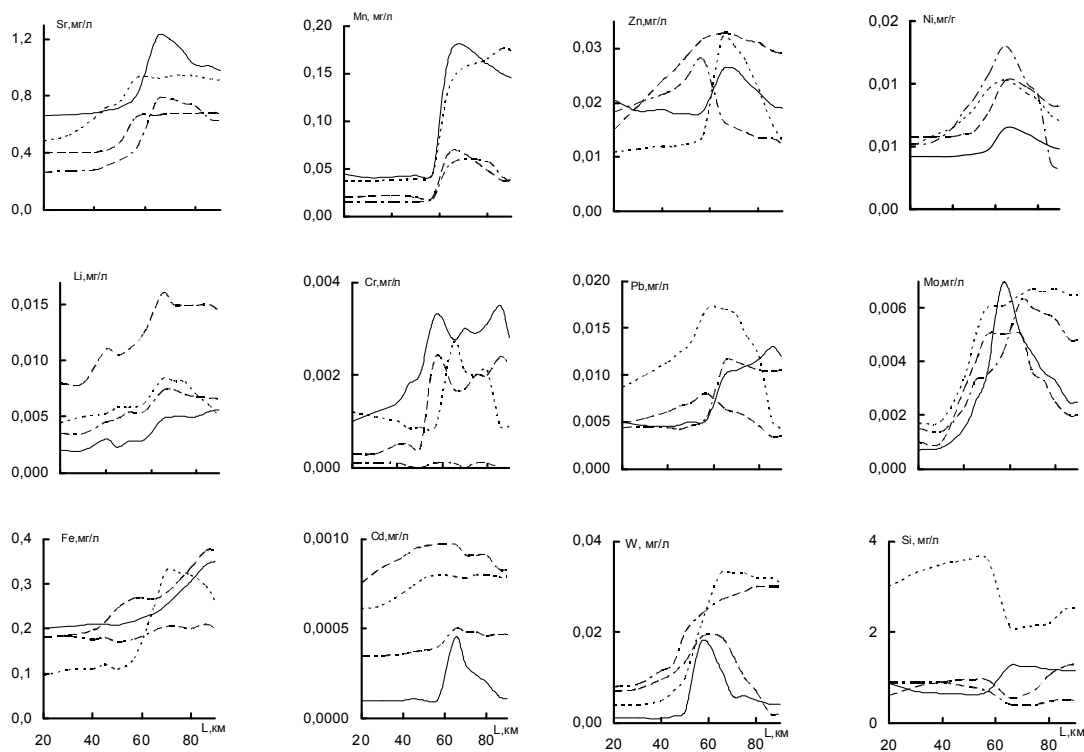


Рис. 2-а. Динамика пространственного изменения концентрации микроэлементов в воде реки в различные сезоны: ----- зима, ..... весна, - · - · лето, — — — осень

Рис. 2-б. Динамика пространственного изменения концентрации микроэлементов в воде реки в различные сезоны: ----- зима, ..... весна, - · - · лето, — — — осень

Общие закономерности перераспределения микроэлементов в воде Береша можно представить, распределив все изученные элементы в группы со сходными признаками.

Первая группа элементов: Sr, Mn, Li, Cr, в отношении которых самоочищающая способность воды р. Береша практически исчерпана. Например, при смещении с верховьев вниз по течению реки для Sr отношение концентрации микроэлемента к его фоновому содержанию выросло с 1989 по 1996 гг. до 2,5-2,7 и продолжает повышаться (2,8 – 2006 г., 2,8 – 2009 г.).

Элементы этой группы характеризуются высокой мигрирующей способностью из зоны хранилища химводоочистки ГРЭС в воду реки и не переходят в донные отложения реки в нижнем ее течении. Частично это объясняется тем, что в начальный период ввода угольного разреза «Березовский-1» дренажные, карьерные воды сбрасывались в реку без предварительной очистки и уже на раннем этапе развития ТЭК обогащали воду и донные отложения. Произошло накопление Sr, Mn, Li, Cr в донных отложениях. И теперь на данном этапе сами донные отложения при некоторых условиях могут служить источником для поступления стронция, марганца, хрома в воду реки.

Элементы указанной группы: Sr, Mn, Li, Cr имеют общие закономерности:

- сохранение четко выраженных сезонных различий по всему руслу реки, начиная с верховьев и заканчивая нижним ее течением;
- значительное накопление химических элементов в зоне воздействия ГРЭС (рис. 2);

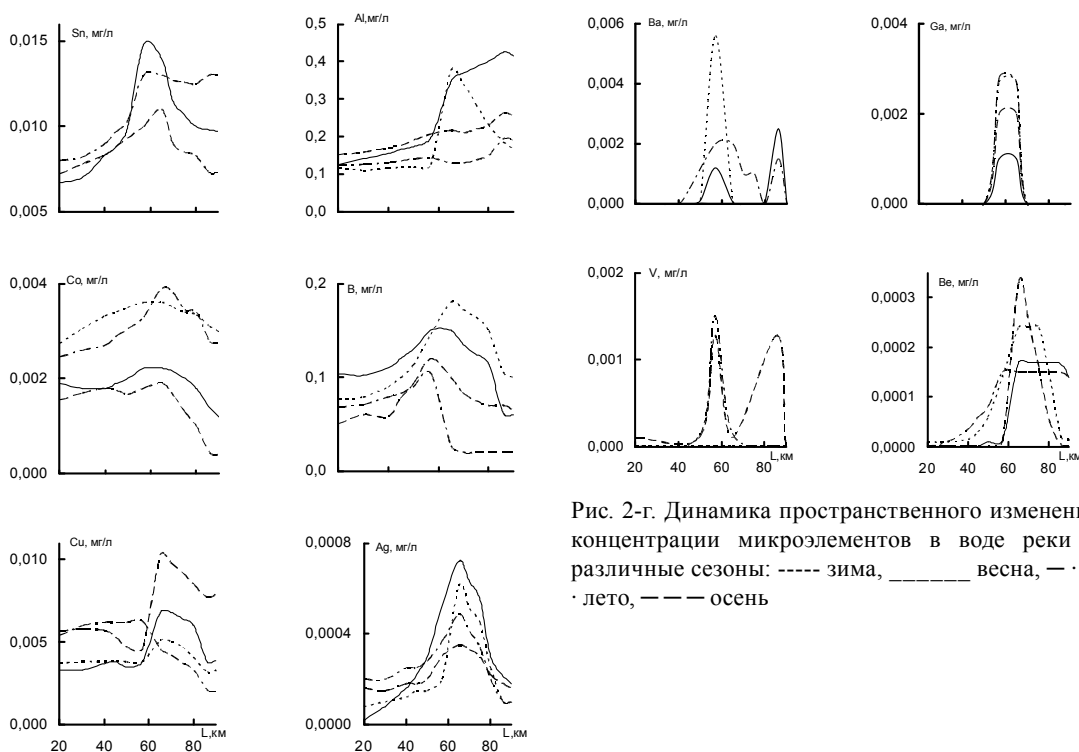


Рис. 2-г. Динамика пространственного изменения концентрации микроэлементов в воде реки в различные сезоны: ---- зима, \_\_\_\_\_ весна, - · - · лето, - - - - осень

Рис. 2-в. Динамика пространственного изменения концентрации микроэлементов в воде реки в различные сезоны: ---- зима, \_\_\_\_\_ весна, - · - · лето, - - - - осень

- низкий коэффициент самоочищения воды реки в отношении всех указанных элементов вниз по течению реки. Концентрации их не снижаются до исходных фоновых значений воды реки вплоть до впадения в р. Урюп, что приводит к обогащению Sr, Mn, Li, Cr более крупной реки (Урюпа).

Такие закономерности сближают их с макроэлементами: Ca, Mg, Na, в отношении которых четко выражено ухудшение очищающей способности реки [9]. Микроэлементы первой группы, отличаясь более низкими концентрациями по сравнению с макроэлементами, имеют идентичную с ними сезонную и пространственную динамику и также подтверждают низкую степень очищения по отношению не только к макро-, но и к ряду микроэлементов.

Вторая группа элементов: Fe, Cd, Zn, Ni, Pb, Mo, W, как и элементы первой группы, имеют явно выраженные сезонные изменения в верховьях реки, но в отличие от первой группы элементов существенно отличаются:

- они не всегда сохраняют соотношения сезонных изменений в среднем и нижнем течении реки. Происходит нивелирование сезонного фактора для таких элементов, как Mo и Zn, частично для Fe, Ni, Pb (рис. 2);
- несмотря на то, что в отдельные периоды самоочищающая способность реки в отношении ряда элементов практически отсутствует, наблюдали значимое снижение концен-

трации микроэлементов: как правило, зимой для Cd, часто весной и осенью для Zn и Pb, зимой и осенью для никеля, зимой и летом для Mo и W (рис. 2).

Третья группа элементов: Si, Sn, Al. Они характеризуются, как правило, менее четко выраженным сезонным фактором даже в верховьях реки. Исключение составляет Si. У кремния отмечается резко выраженная аномалия в весенний период в верховьях реки (рис. 2). Это общая закономерность поверхностных водотоков района, включая малые реки и такие крупные водотоки, как р. Урюп (практически каждый год в верховьях реки весной концентрации Si значительно выше, чем в другие сезоны года). При сопоставлении сезонного и пространственного фактора Si, Sn, Al видно, что здесь превалирует пространственный фактор с привязкой к зоне влияния ГРЭС и ее объектов. В среднем и нижнем течении реки выражена тенденция к снижению концентраций указанной группы элементов, но перед впадением в р.Урюп происходит статистически значимое повторное повышение концентраций Si, Sn, Al за счет влияния угольного разреза и селитебных зон.

Четвертая группа микроэлементов: Co, B, Cu, Ag. Как и у второй группы элементов, у Co, B, Cu, Ag значительно выражены сезонные изменения в верховьях реки, но они теряют четкость выражения сезонного фактора в среднем и нижнем течении реки. В отличие от трех описанных ранее групп микроэлементов здесь самоочищающая способность воды р. Береша сохранена (исключение медь-лето). Попадая в р. Урюп с водой р. Береша, при разбавлении последних сохраняется устойчивое снижение концентраций микроэлементов и уже не требуется жесткого контроля этих элементов, так как они не представляют опасности на данный период времени.

Пятая группа: Ba, Ga, V, Be. Эта группа элементов характеризует техногенный характер накопления микроэлементов в среднем и нижнем течении реки. Общим для этой группы элементов является отсутствие (или крайне низкое для Be) содержание элементов в воде верховьев реки и аномально высокие концентрации в зоне влияния ГРЭС (Ga) и ГРЭС + угольный разрез (Ba, V, Be).

В течение всего периода наблюдений в верхнем течении реки не был обнаружен ни барий, ни галлий, ни ванадий. Бериллий зимой и осенью в воде, как правило, тоже не обнаруживается. В другие сезоны фоновые значения бериллия в верховьях реки обнаружены, но в несопоставимо малой концентрации по сравнению с зоной техногенного влияния объектов ТЭК (отличие на порядок и более).

Самоочищающая способность реки в отношении Ga, Ba, V, Be оценивается неоднозначно. Для Ga это снижение до фонового уровня сразу же при выходе из ближайшей зоны влияния ГРЭС. Для Ba аналогичная зависимость наблюдается лишь в весенний период. Для V и Be (и Ba, кроме весеннего периода) идет накопление химических элементов в течение всего года на последующем участке реки в зоне влияния угольного разреза (на 80-85 км). В почвах в 5-10 км от объектов ГРЭС и в непосредственной близости к угольному разрезу также отмечено повышение содержания Ba до 103 мг/кг, V до 80-98 мг/кг при максимально допустимом 140 мг/кг [10], Be 12-75 мг/кг при фоновых менее 0,5 мг/кг. Это не противоречит данным других исследований по росту концентрации, в частности Be в почвах, вблизи угольных электростанций [10] за счет поступления бериллия из дымовых выбросов ГРЭС. Be концентрируется на поверхности выносимых твердых частиц и пылевых частиц при добыче угля открытым способом [3].



Анализ снега, выполненный нами, указывает на аналогичную зависимость микроэлементного обогащения природных ландшафтов ванадием, бериллием вблизи объектов ТЭК [11].

Висмут и титан при исследовании проб воды вообще не были обнаружены как в верховьях реки, так и в среднем и нижнем ее течении.

### Выводы

Выявлены особенности сезонных и пространственных изменений концентраций элементов в воде малой реки более чем за 20 лет наблюдений. Анализ экспериментальных данных позволяет сделать вывод, что концентрации растворимых форм различных химических микроэлементов в воде р. Береша в настоящее время характеризуются нарушенной внутригодовой изменчивостью и высокой неоднородностью распределения вниз по течению реки. После построения объектов ТЭК р. Береша приобрела новые закономерности развития, механизмы миграции и накопления веществ. В среднем и нижнем течении реки со временем из-за высокого техногенного влияния объектов ТЭК нивелировались сезонные изменения концентраций микроэлементов. Резко снизилась самоочищающая способность реки. Анализ донных отложений показал, что в среднем и нижнем течении реки донные отложения имеют сопоставимые и даже одинаковые концентрации микроэлементов, сильно отличающиеся от таковых в верховьях реки. Это накопление микроэлементов в донных отложениях тоже служит доказательством загрязнения реки.

В весеннее половодье, традиционно считающееся наиболее благоприятным периодом для разбавления и самоочищения реки, происходит теперь не снижение, а рост концентраций ряда химических элементов. Это, по нашим сведениям, характерно для малых рек, находящихся вблизи крупных объектов ТЭК. Здесь в зимний период на самой реке и близлежащей береговой зоне накапливаются микроэлементы в снежном покрове и почве и весной с талыми водами привносятся в воду реки.

При изучении распределения элементов в воде р. Береша установлено, что концентрации химических элементов возрастают год от года в течение последних 20 лет. Темпы накопления микроэлементов в воде р. Береша значительно опережают таковые в р. Урюпа. Известно, что малые реки более подвержены влиянию объектов ТЭК.

Для микроэлементов, таких как Sr, Cr, Mn, Li, речная вода уже не обладает достаточной самоочищающей способностью. Отмечено, что концентрации практически всех элементов на участке р. Береша вблизи от ГРЭС резко увеличиваются. Затем при дальнейшем смещении вниз по течению реки (в нижнем течении), перед впадением в р. Урюп, часто не снижаются до фонового уровня реки, а в отдельных случаях концентрации микроэлементов даже возрастают. То есть в нижнем течении реки происходит накопление макро- и микроэлементов под влиянием угольного разреза.

Представлены факты, подтверждающие негативные закономерности изменения водотока в зонах влияния объектов топливно-энергетического комплекса на водоток.

### Список литературы

1. Носков А.С., Савинкин М.А., Онищенко Л.А. Воздействие ТЭС на окружающую среду и способы снижения наносимого ущерба / Ин-т катализа СО РАН, Институт химии твердого

тела и переработки минерального сырья СО РАН, ГПНТБ СО РАН СССР. Новосибирск: ГПНТБ СО РАН СССР. 1990. 184 с.

2. Кизильштейн Л.Я. Геохимия ванадия в углях: экологический аспект // Геохимия. 1999. №1. с. 69.

3. Кизильштейн Л.Я. Геохимия бериллия в углях: экологический аспект // Геохимия. 1997. №3. С. 336-342.

4. Перциков И.З., Шпирт М.Я., Съемщиков С.Л. Оценка минимальных экологически опасных концентраций микроэлементов в углях // Химия твердого топлива. 1991. № 6. С. 124-127.

5. Савченков М.Ф., Решетник Л.А., Лященко О.В. Состояние здоровья детей, проживающих в зоне влияния угольных разрезов // Гигиена и санитария. 2000. № 3. С. 56.

6. Бондарев А.А., Шульга И.Ю. Гидрохимия водных объектов западной части района КА-ТЭКа. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 46 с.

7. Морозова О.Г. Геохимические проблемы малых рек (материалы краевых науч. – практич. конф. 1989-1990 годов). Красноярск, 1992. С.32.

8. Головина В.В., Еремина А.О., Головин Ю.Г., Щипко М.Л. Оценка донных отложений реки Урюп в районе размещения накопителя сточных вод угольного разреза // Гигиена и санитария. 1996. №2. С. 7-9.

9. Головина В.В., Еремина А.О., Щипко М.Л., Кузнецов Б.Н., Бакач В.Г. Влияние ГРЭС на концентрации металлов и кремния в воде малой сибирской реки // Водные ресурсы. 2002. Т. 29. № 4. С. 442-449.

10. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.

11. Головина В.В., Еремина А.О., Головин Ю.Г., Щипко М.Л. Химический состав снега вблизи объектов топливно-энергетического комплекса // Водные ресурсы. 1998. Т. 25. №1. С. 62-71.

## **Technogenic Impact of Fuel Energy Objects on Chemical Microelements Dynamics in Small River Water**

**Valentina V. Golovina<sup>a</sup>, Anna O. Eremina<sup>a</sup>,  
Nikolai V. Chesnokov<sup>a, c</sup> and Boris N. Kuznetsov<sup>a, b</sup>**

<sup>a</sup> *Institute of Chemistry and Chemical Technology SB RAS  
42 K.Marx st., Krasnoyarsk, 660049 Russia*

<sup>b</sup> *Siberian Federal University,  
79 Svobodny, Krasnoyarsk, 660041 Russia*

<sup>c</sup> *Krasnoyarsk State Institute of Economics and Trade,  
2 L. Prushinskaya st., Krasnoyarsk, 660075 Russia*

---

*The small river is leaking through the territory of the fuel energy objects in Sharyposky district of Krasnoyarsk region. The seasonal and spatial dynamics of elements concentrations in small river water are detected. After construction the fuel energy objects Beresh river has been received new evolution regularity, substances migration and accumulation mechanisms. The breakings of year inside variability and high inhomogeneity of microelements distribution in water downstream river are detected. The dangerous accumulation of some chemical elements in river water and floor deposits is discussed.*

*Keywords: microelements, technogenic impact, self-purification ability.*

---