

УДК 556:53(282.25):543.3

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОГЕОЛОГИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ПРИ ОЦЕНКЕ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НИЖНЕГО ИРТЫША

Алимова Г.С., Земцова Е.С., Токарева А.Ю.

*ФГБУН «Тобольская комплексная научная станция» Уральского отделения
Российской академии наук, Тобольск, e-mail: gulsem76@mail.ru*

На основе данных атомно-эмиссионного анализа валового содержания химических элементов рассчитаны коэффициенты концентрации и определен суммарный показатель геохимической нагрузки донных отложений Нижнего Иртыша. Ранжирование химических элементов в донных отложениях нижнего течения р. Иртыш определено в следующем виде $Pb > Cr > Co > Fe > Mn > Ni > As > Cu > Cd > Sr > Zn > Mo$. Впервые проведенная экогеологическая оценка состояния донных отложений Нижнего Иртыша выявила слабый уровень техногенного загрязнения токсичными химическими элементами 2 и 3 класса опасности (Pb, Sb, Se, Fe, Mo, As, Zn, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Sr) с допустимой степенью геохимической нагрузки Z_c от 1,69 ... 3,31 (при $Z_c < 16$, по Ю.Е. Саету). Из исследуемых химических элементов только валовое содержание соединений свинца превышает фоновое значение в донных отложениях Нижнего Иртыша.

Ключевые слова: донные отложения, нижнее течение р. Иртыш, химические элементы, коэффициент концентрации, геохимическая ассоциация

THE APPLICATION OF ECO-GEOLOGICAL CRITERIA IN ASSESSMENT OF CHEMICAL CONTAMINATION OF SEDIMENTS OF THE LOWER IRTYSH

Alimova G.S., Zemtsova E.S., Tokareva A.Yu.

*Tobolsk complex scientific station of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Tobolsk, e-mail: gulsem76@mail.ru*

Based on the data of atomic emission analysis of total content of chemical elements concentration ratios are calculated and determined the total load indicator geochemical of sediments of the Lower Irtysh. The ranking of the chemical elements in the sediments of the lower reaches of the river Irtysh defined as follows $Pb > Cr > Co > Fe > Mn > Ni > As > Cu > Cd > Sr > Zn > Mo$. First held eco-geological assessment of the sediment of the Lower Irtysh revealed a low level of technogenic pollution of toxic chemical elements 2 and 3 class of danger (Pb, Sb, Se, Fe, Mo, As, Zn, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Sr) with an acceptable degree of geochemical load Z_c from 1.69 ... 3.31 (for $Z_c < 16$ at Y.E. Saet). From the study of chemical elements only total content of lead compounds exceeds the background value in the sediments of the Lower Irtysh.

Keywords: sediments, the lower reaches of Irtysh, elements, concentration ratios, geochemical association

В данной работе объектом исследования являются донные отложения нижнего течения Иртыша. Донные отложения рек относятся к наиболее информативным объектам среды по сравнению с водными массами, так как они перемещаются с гораздо меньшей скоростью и таким образом могут хранить информацию о возможных многолетних загрязнениях конкретного водоема [5].

В Российской Федерации основным критерием качества воды является величина ПДК – предельно допустимая концентрация загрязняющего химического элемента и его соединений в воде. Для донных осадков на сегодняшний день нормативы ПДК химических элементов не разработаны [9]. В то же время оценку химического загрязнения донных отложений водоемов можно проводить с применением экогеологических (гидрохимических, геохимических и геофизических и др.) критериев, коэффициентов и показателей [6].

В группу таких показателей входит коэффициент концентрации K_c , представляющий собой отношение содержания химического элемента в конкретном природном объекте C_i к его фоновому содержанию C_ϕ в соответствующем компоненте природной среды. Химические элементы со значениями $K_c \geq 1,5$ образуют геохимическую ассоциацию, характеризующую качественный (элементный) состав и структуру природно-техногенного загрязнения [6].

Целью работы является проведение экогеохимической оценки загрязнения донных отложений Нижнего Иртыша выявленными экологически значимыми химическими элементами, относящимися ко 2 и 3 классу опасности (Pb, Sb, Se, Fe, Mo, As, Zn, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Sr).

В задачи исследований включены следующие процедуры:

– проведение атомно-эмиссионного анализа образцов проб донных отложений на

содержание в них экологически значимых химических элементов;

– расчет коэффициентов концентрации выявленных химических элементов 2 и 3 класса опасности;

– определение суммарного показателя геохимической нагрузки донных отложений Нижнего Иртыша;

– ранжирование химических элементов по концентрации в донных отложениях Нижнего Иртыша.

Антропогенная нагрузка на бассейн Иртыша обусловлена наличием промышленных, в том числе и металлургических, комплексов Сибири и Казахстана, а также зарегулированием верхнего течения каскадом водохранилищ – Бухтарминским, Усть-Каменогорским и Шульбинским. Актуальность исследования миграции химических элементов в экосистеме нижнего течения реки Иртыш обусловлена экогеологической ролью взвешенных частиц – компонентов водной среды. Тонкодисперсный состав и высокие сорбционные качества взвешенного материала формируют более высокие концентрации химических компонентов во взвеси по отношению к воде, что в условиях антропогенного загрязнения, особенно в период половодья, может привести к значительному переносу химических элементов и их накоплению в местах, находящихся на большом удалении от источников загрязнения.

На территории данного участка Иртыша активно развиваются нефтегазодобывающая и нефтеперерабатывающая отрасли промышленности. Побочным последствием технического роста является загрязнение водоемов, почв различными химическими поллютантами (тяжелые металлы, нефтепродукты). Экологически значимые химические элементы, к которым относятся и тяжелые металлы, являются приоритетными загрязнителями объектов окружающей среды.

В настоящей работе впервые на основе расчетов коэффициентов концентрации экологически значимых химических элементов определена степень геохимической нагрузки донных отложений Нижнего Иртыша. Методологические основы исследования миграции тяжелых металлов в пресноводных экосистемах, используемые в данной работе, разработаны и апробированы в публикациях [3–6, 8].

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы по теме: «Миграционные процессы радионуклидов и химических поллютантов в экосистеме водоемов Обь-

Иртышского бассейна» (№ государственной регистрации 116020510088).

Материалы и методы исследования

Отбор образцов проб донных отложений Нижнего Иртыша проведен в шести станциях – на участке от села Абалак Тобольского района до села Горносликино Уватского района Тюменской области (рис. 1). Длина реки Иртыш в пределах рассматриваемой территории составила 163 км [10]. Отбор выполнен в период весенне-летнего половодья (май – август) 2014 г. из верхнего слоя донных отложений до глубины 10 см с помощью специального пробоотборника с площадью сечения 36 см² [2]. На каждой станции производили шесть выемок грунта – не менее двух с магистрального русла, левого и правого берегов.

Определение валового содержания химических элементов проведено также в 2014 г. атомно-эмиссионным методом на спектрометре OPTIMA-7000 DV по аттестованным методикам измерений в лаборатории экотоксикологии ТХНС УрО РАН (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.516420 от 04 марта 2011 г.) [7].

Контроль качества проводимых измерений осуществлен в соответствии с требованиями РМГ 76-2004 и подтверждается ежегодным участием лаборатории в межлабораторных сравнительных испытаниях. Статистический анализ данных выполнен с использованием программы «Statistica v6.0 Stat Soft».

Результаты исследования и их обсуждение

Статистически обработанные валовые концентрации выявленных экологически значимых химических элементов в донных отложениях Нижнего Иртыша – As, Cd, Co, Mo, Sr, Pb, Cr, Cu, Mn, Fe, Ni, Zn – приведены в публикациях авторов [3, 4]. Фоновые концентрации химических элементов в донных отложениях рек, используемые при расчетах, собраны из разных источников автором работы [9]. Рассчитанные значения коэффициентов концентрации исследуемых элементов даны в табл. 1.

На станциях 1, 2, 3, 5, 7 коэффициенты концентраций химических элементов увеличиваются от левого берега к руслу и правому берегу Нижнего Иртыша. Только на станциях 4 и 6 коэффициенты концентраций элементов отмечены выше у правого берега реки. Такое распределение валового содержания химических элементов в донных отложениях можно объяснить как характером меандрирования реки, т.е. концентрации химических элементов в донных отложениях повторяют меандры реки [10], так и гранулометрическим составом донных отложений [3, 4]. Правый берег станций 4 и 6, так же как и левый берег станций 1, 2, 3, 5, 7 представлен песчанистыми суглинками, суглинками илистыми, в которых сорбция металлов выше за счет увеличения фракции глинистых частиц в составе донных отложений реки [3, 4].

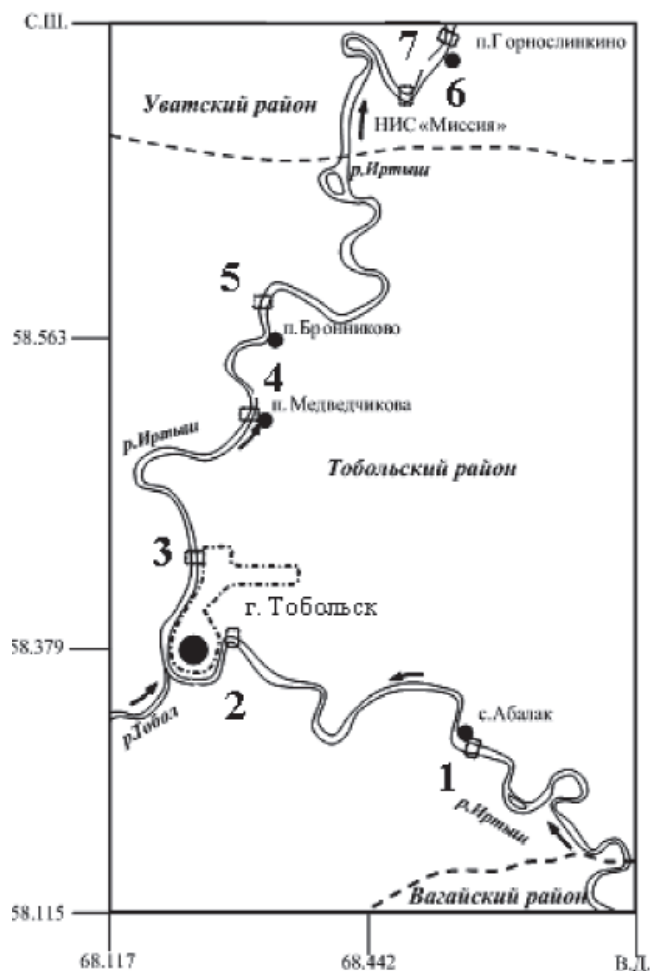


Рис. 1. Схема-карта района исследований (масштаб 1:500000):

- границы муниципальных районов; - · - · границы г. Тобольска;
- населенные пункты; ← направление течения реки;
- (1-7) – станции отбора проб донных отложений:
- 1 – село Абалак; Тобольский район; 2 – деревня Бизино; Тобольский район;
- 3 – г. Тобольск; речной порт; 4 – деревня Медведчикова; Тобольский район;
- 5 – деревня Бронниково; Тобольский район; 6 – научно-исследовательский стационар «Миссия» ТКНС УрО РАН; Уватский район; 7 – село Горнослинкино; Уватский район

По данным табл. 1 к химическим элементам со значениями $K_c > 1,5$ можно отнести свинец. У остальных выявленных химических элементов 2 и 3 класса опасности коэффициент концентрации находится в пределах от 0 до 0,9 на разных участках реки.

Ранжирование по средним значениям коэффициентов концентрации химических элементов в донных отложениях Нижнего Иртыша определено в следующем виде: $Pb > Cr > Co > Fe > Mn > Ni > As > Cu > Cd > Sr > Zn > Mo$.

Показатель геохимической нагрузки (Z_c) можно рассчитать по формуле Ю.Е. Саета [6]:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n-1),$$

где K_c – коэффициент концентрации, имеющий значение более 1,5; n – число учитываемых аномальных элементов с $K_c > 1,5$.

Техногенные аномалии обычно имеют полиэлементный состав, но по результатам наших исследований определен только один элемент с $K_c > 1,5$, поэтому $n = 1$, тогда Z_c равен значениям коэффициентов концентрации свинца на исследуемых участках реки и не превышает 3,3 единиц (табл. 2).

По 4-балльной оценочной шкале степени геохимической нагрузки донные отложения Нижнего Иртыша по выявленным химическим элементам 2 и 3 класса опасности имеют допустимую степень геохимической нагрузки $Z_c = 1,69 \dots 3,31$ (при $Z_c < 16$ – допустимая, 16–32 – умеренно опасная, 32–128 – опасная, > 128 – чрезвычайно опасная) [6].

Таблица 1

Коэффициенты концентраций химических элементов
в донных отложениях Нижнего Иртыша (правый берег/русло/левый берег)

Станция \ C _ф , [9] мг/кг	As	Cd	Co	Mo	Sr	Pb	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	Zn
	7,64	7,6	0,86	1,6	99,7	21,6	40,1	20,2	705	27080	25,8	93,7
1	0,3	0,4	0,1	0,2	0,2	1,6	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3
	0,4	0,3	0,5	0,1	0,3	2,1	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,2
	0,5	0,3	0,9	0,1	0,5	3,7	0,8	0,6	0,6	0,7	0,6	0,4
2	0,3	0,5	0	0,2	0,2	1,6	0,5	0,2	0,3	0,3	0,5	0,2
	0,4	0,3	0,6	0,1	0,3	2,5	0,7	0,4	0,4	0,5	0,6	0,2
	0,5	0,1	0,8	0	0,4	3,5	0,7	0,5	0,6	0,7	0,5	0,3
3	0,2	0,2	0	0,1	0,1	0,7	0,4	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
	0,5	0,7	0,7	0,3	0,4	2,8	0,6	0,4	0,4	0,5	0,4	0,3
	0,4	0,1	0,8	0	0,3	3,0	0,7	0,6	0,5	0,6	0,5	0,3
4	0,4	0,7	0,3	0,2	0,4	2,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2
	0,2	0,1	0,3	0	0,2	1,3	0,4	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1
	0,2	0	0,3	0	0,2	1,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2
5	0,4	0,6	0,3	0,2	0,3	2,1	0,5	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2
	0,4	0,3	0,6	0	0,3	2,2	0,5	0,3	0,5	0,4	0,4	0,2
	0,3	0	0,6	0	0,3	2,3	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4	0,2
6	0,3	0,5	0,3	0,2	0,3	1,8	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
	0,4	0,4	0,6	0,1	0,3	2,4	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4	0,2
	0,1	0	0,3	0	0,1	0,8	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
7	0,3	0,5	0,3	0,2	0,4	1,8	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1
	0,6	0,6	1,0	0,1	0,4	4,3	0,9	0,6	0,8	0,8	0,6	0,4
	0,5	0,3	1,0	0,1	0,3	3,9	0,8	0,6	0,7	0,7	0,6	0,4

Таблица 2

Показатель геохимической нагрузки (Z_c) донных отложений Нижнего Иртыша

Станция	Показатель геохимической нагрузки (Z _c) на донные отложения Нижнего Иртыша			
	правый берег	русло	левый берег	среднее значение
1	1,62	2,09	3,72	2,48
2	1,52	2,48	3,49	2,50
3	0,72	2,84	2,99	2,19
4	2,59	1,32	1,30	1,74
5	2,10	2,24	2,32	2,22
6	1,82	2,43	0,81	1,69
7	1,77	4,21	3,94	3,31

Превышение концентраций соединений свинца над фоном в донных отложениях реки можно объяснить химическим составом поверхностных вод р. Иртыш. По данным исследований авторов в 2013 г. вода в реке Иртыш относится к водам малой минерализации и составляет в Тобольском районе 197,4–227,5, постепенно снижаясь вниз по течению реки до 174,3–176,6 мг/дм³ – в районе села Горнослинкино Уватского района. По химическому составу вода на исследуемом участке реки относится к гидрокарбонатному классу, содержание ионов HCO₃⁻ варьирует в пределах 26–28% экв., относительная суммарная концентрация ионов SO₄²⁻ и Cl⁻ находится в диапазоне от 10 до 26% экв. Водородный показатель

воды составляет 7,6–7,9 единиц рН. Известно, что при рН воды, близком к 8,0, свинец сравнительно легко вступает в реакции с главными макрокомпонентами природных вод, образуя труднорастворимые соединения (карбонаты, сульфаты, сульфиды, гидроксиды) [1].

Заключение

Содержание химических элементов в донных отложениях нижнего течения р. Иртыш уменьшается в ряду: Pb > Cr > Co > Fe > Mn > Ni > As > Cu > Cd > Sr > Zn > Mo.

Из исследуемых химических элементов только валовое содержание соединений свинца превышает фоновое значение в донных отложениях Нижнего Иртыша,

обусловленное химическим составом поверхностных вод реки.

В донных отложениях Нижнего Иртыша выявлен слабый уровень техногенного загрязнения токсичными химическими элементами 2 и 3 класса опасности (Co, Cr, Cu, Ni, Sr, Mo, Zn, Cd, Pb) с допустимой степенью геохимической нагрузки Z_c от 1,74 до 3,31 (при $Z_c < 16$, по Ю.Е. Саету).

Список литературы

1. Алимова Г.С. Гидрохимия поверхностных вод и видовой состав макрозообентоса нижнего течения р. Иртыш / Г.С. Алимова, Е.С. Земцова, А.А. Чемагин, Е.И. Попова, И.А. Дударева, А.Ю. Токарева, Г.Х. Хакимзянова // Вода: химия и экология. – 2014. – № 5. – С. 27–34.
2. ГОСТ 17.1.5.01-80 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность. – М.: ИПК Из-во стандартов, 1982. – 5 с.
3. Земцова Е.С. Сравнительный анализ содержания металлов в донных отложениях некоторых рек Тюменской области / Е.С. Земцова, Г.С. Алимова, А.Ю. Токарева, И.А. Дударева // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2 (часть 26) – С. 5798–5802.
4. Земцова Е.С., Алимова Г.С., Дударева И.А., Токарева А.Ю., Попова Е.И. Содержание металлов в донных отложениях реки Иртыш // Естественные и технические науки. – 2014. – № 9–10 (77). – С. 54–56.
5. Кленкин А.А. Современная характеристика донных отложений Азовского моря по степени загрязненности комплексом наиболее опасных токсикантов / А.А. Кленкин, Л.Ф. Павленко, И.Г. Корпакова, Е.И. Студеникина // Водные ресурсы. – 2008. – Т. 35. – № 1. – С. 88–92.
6. Основы экогеологии, биоиндикации и биотестирования водных экосистем: учеб. пособие / под ред. В.В. Куриленко. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004. – 448 с.
7. ПНД Ф 16.2.2.:2.3.71-2011. Количественный химический анализ почв. Методика измерений массовых долей металлов в осадках сточных вод, донных отложениях, образцах растительного происхождения спектральными методами. – М., 2011. – 41 с.
8. Фокин Д.П. Геоэкологическая оценка распределения тяжелых металлов и нефтепродуктов в донных осадках восточной части Финского залива Балтийского моря: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – СПб., 2011. – 20 с.
9. Чемагин А.А. Современное экологическое состояние реки Иртыш в нижнем течении: дис. ... канд. биол. наук. – Тюмень, 2015. – С. 71.
10. Яндекс. Карты. – URL: <http://maps.yandex.ru> (дата обращения: 21.07.2014).