

## КЛАРКИ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ И АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОСТРОВНЫХ ЛАНДШАФТОВ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Д. В. Иванов, Б. Р. Григорьян, Т. А. Фасхутдинова

Отдел биогеохимии (зав.—доц. Б. Р. Григорьян)  
Института экологии природных систем АН РТ

Основным структурным компонентом природных материковых ландшафтов является почвенный покров. При сопряженном анализе геохимических ландшафтов почва рассматривается как аккумулятор и перераспределитель вещества и энергии между их отдельными элементами и ярусами. Островные экосистемы водохранилищ — наиболее удобный объект для ландшафтных почвенно-биогеохимических исследований. Ограниченная площадь, достаточная простота фаунистических и флористических комплексов, специфичный почвенный покров, представленный аллювиальными типами почв,— вот основные преимущества в изучении подобных природно-антропогенных образований.

В данной статье рассматриваются некоторые особенности формирования микроэлементного состава и кларковое содержание тяжелых металлов (Pb, Cu, Ni, Zn, Cr, Mn) в почвах и аллювиальных отложениях островных ландшафтов казанского (КРПП) и чистопольского (ЧРПП) районов переменного подпора Куйбышевского водохранилища. Полученные данные предполагается использовать в целях фонового мониторинга Поволжского региона и комплексной экологической оценки островных территорий.

В геохимии, а мы попытались подойти к оценке содержания металлов в почвенном покрове островов именно с геохимических позиций, структурной единицей территории является элементарный ландшафт. Это отдельно взятый остров или какая-либо его часть, характеризующаяся однородным строением (породы, почвы, растительность, биота). Новообразованные геохимические ландшафты островов, объединяющие элементарные супераквальные и аквальные ландшафты водохранилища, еще более специфичны по сравнению с пойменными

ландшафтами вообще, а тем более с ландшафтами прилегающих водоразделов и требуют своего места в классификации.

В субаквально-супераквальных островных ландшафтах водохранилища отсутствует прямое геохимическое сопряжение с автономными ландшафтами водоразделов вследствие нарушения природного геохимического барьера на пути миграции элементов, которым являлась пойма рек Волги и Камы до затопления. «Барьерные» свойства «островной» поймы теперь проявляются в механической и гидрогенной аккумуляции элементов с речным стоком, а основным источником поступления металлов на поверхность островов становятся водные массы водохранилища — аквальная фация (табл. 1).

Таблица 1

Концентрация металлов в воде КРПП и впадающих малых рек, мкг/л (по данным лабор. оптимизации водных экосистем КГУ)

Объекты	n	Pb	Cu	Ni	Zn	Mn
Меша	11	8,3	7,6	8,8	65,0	28,6
Казанка	8	6,4	24,0	5,6	39,2	168,4
Свияга	13	16,9	31,1	9,6	53,5	72,1
КРПП	49	13,9	9,1	11,7	57,2	151,8

Большая часть металлов переносится и откладывается на поверхности островной поймы в виде механических взвесей минерального и органического происхождения, поэтому геохимическая специфика продуктов аллювиального генезиса обусловлена для терригенной части осадков различиями гранулометрического и минералогического состава, а также содержанием в нем органического вещества, в меньшей степени — растворенными в воде соединениями металлов. Во взвесах Волги переносится в среднем до 76 мг/кг никеля, 183 — хрома, 86 — меди, 260 — цинка [3]. Концен-

трация растворенных форм металлов очень низка и варьирует от 1 до 20 мкг/мл для разных элементов.

Основную роль в балансе взвешенных веществ Куйбышевского водохранилища играет автохтонное вещество, источником которого является абразия берегов. Формирование взвешенных веществ водохранилища происходит также за счет смыва твердых частиц почвы и породы с поверхности водосбора, размыва донных отложений и процессов взаимодействия компонентов речных вод (осаждение, коагуляция и др.). По сравнению с данными в первые годы существования водохранилища поступление взвешенных веществ с водами притоков сократилось примерно в 2,5 раза. Одной из причин снижения абсолютного и относительного содержания взвесей в воде водохранилища мы видим в том, что в устьевых участках малых рек расположено значительное количество мелких и крупных островов, образующих своеобразную мелководную зону. На этих природно-антропогенных механических геохимических барьерах происходят осаждение взвесей и связанные с ними металлов и депонирование их в донных отложениях.

Практически доказано, что в водохранилищах, прошедших стадию становления, каковым является и Куйбышевское, одним из основных факторов, определяющих динамику тяжелых металлов, становятся донные отложения, именно в них сконцентрирована большая часть запасов металлов. В результате размыва донных отложений прибрежных и мелководных участков водохранилища в меженном и паводковом периодах взвешенные вещества поступают и откладываются на поверхность поймы, пополняя запасы металлов в отложениях пойменно-островных фаций аллювия и формирующихся на них аллювиальных почвах. Наибольшее концентрирование металлов отмечается в иле глубоководной части водохранилища, заливов и бухт. Марганец в донных отложениях аккумулируется в основном в мелководной зоне, что свидетельствует о его вовлечении в биологический круговорот в зонах произрастания высшей водной растительности.

Характер миграции микроэлементов в речных водах чаще всего иллю-

стрируется коэффициентом водной миграции (Кв), предложенным А. И. Перельманом [6]. Он рассчитывается как отношение содержания элемента в плотном остатке вод к его содержанию в литосфере или в породах, дренируемых этими водами. На основании данных, приведенных в табл. 1, нами вычислены коэффициенты миграции изучаемых металлов в водах казанского района водохранилища и построен ряд миграции металлов:  
 $Mu < Cu = Ni < Zn < Pb$   
 $0,08 < 0,11 = 0,11 < 0,38 < 0,48$

Наиболее интенсивно мигрирует в водах волжского участка водохранилища свинец, а на последнем месте по интенсивности миграции стоит марганец, что соответствует низкой миграционной способности этого элемента в речных водах мира [4].

Местные кларки металлов в аллювии островов (табл. 2) не превышают кларк литосферы по А. П. Виноградову [1, 2]. Медь, никель, цинк, хром и марганец концентрируются в средних и основных горных породах, поэтому их содержание в кислых по составу аллювиальных отложениях островов казанского района оказалось невысоким.

Таблица 2

Кларки металлов в аллювиальных отложениях островов, мг/кг

Районы	n	Pb	Cu	Ni	Zn	Cr	Mn
Казанский выше	202	4,8	6,0	21,2	19,3	28,5	155,3
Казани ниже	170	4,6	6,7	21,2	19,6	29,5	154,0
Казани	32	5,1	2,9	18,4	15,4	21,8	158,9
Чистопольский	123	5,4	22,9	42,3	35,8	71,8	417,0
Кларк литосферы	16	47		58	83	83	1000

Камские отложения содержат значительный процент основных пород, они более тяжелые по гранулометрическому составу (легкий суглинок против супеси в казанском районе), откуда и соответственное увеличение кларка Cu, Ni, Zn, Cr, Mn в среднем в 2—4 раза. Заметим, что с содержанием в аллювии оснований коррелируют лишь два элемента — медь ( $r=0,61$ ) и цинк ( $r=0,69$ ).

Содержание металлов в аллювии различных типов поймы, мг/кг (казанский район перемного подпора)

Типы поймы	п	Pb	Cu	Ni	Zn	Cr	Mn
Сегментно-островная	23	4,3	9,1	25,6	25,7	36,7	264,9
Гривисто-островная	77	4,6	7,2	20,7	19,3	32,8	156,2
Сегментно-гривистая	62	5,0	5,5	24,6	20,1	24,7	131,0
Параллельно-гривистая	9	4,0	3,6	20,1	14,7	16,4	137,9
Ложбинно-островная	9	4,0	5,8	17,2	16,7	41,4	95,0
Сегментно-ровная	13	5,7	2,4	9,2	12,4	12,6	99,1

Участок водохранилища ниже Казани достоверно отличается по содержанию никеля, цинка, хрома и, особенно, меди от отложений островов, лежащих выше по течению. Такая резкая дифференциация кларков есть результат облегчения гранулометрического состава аллювия вследствие изменения гидрологических параметров Волги и водохранилища в этом районе.

Концентрация меди, никеля, цинка, хрома и марганца в волжском и камском аллювии увеличивается в следующей последовательности: песок — супесь — суглинок — глина. Наиболее резкая дифференциация содержания металлов между легким и тяжелым ГМС наблюдается для меди. В пойменных отложениях островов казанского района относительная концентрация существенно выше, чем в пойменных отложениях островов чистопольского района, что определяется различиями минералогического состава волжского и камского аллювия и характером распределения минералов по фракциям. Свинец примерно в равной степени накапливается как в песчано-супесчаных, так и в суглинистых разнородностях отложений и почв, что можно пока объяснить глобальными природными процессами рассеяния этого элемента. Разница в уровнях накопления металлов аллювиальными отложениями различного гранулометрического состава нивелируется в почвенном покрове островов в результате дернового и сопутствующих процессов почвообразования.

Согласно типологии островов, мы попытались выяснить, как изменяются концентрации металлов в зависимости от геоморфологического типа поймы, из которой образовались острова казанского района водохранилища (табл. 3).

Среди указанных 6 типов выделяется аллювий сегментно-островной поймы, в котором содержание меди, никеля, цинка и марганца наивысшее. Кларк хрома имеет максимум в ложбинно-островном аллювии, а свинец примерно одинаково распределяется по всем типам пойм с незначительными колебаниями (от 4,0 до 5,7 мг/кг). Размах варьирования кларков наиболее высок для меди — от 2,4 мг/кг (сегментно-ровная) до 9,1 мг/кг (сегментно-островная), то есть наблюда-

ется почти 4-кратное превышение его максимального уровня над минимальным. Полученные зависимости подтверждают распределение гранулометрического состава осадков различных типов поймы. Острова, образованные из поймы островного типа, имеют самое высокое содержание фракции физической глины (8,93 — 14,61%), а наименьшее оно у островов параллельно-гривистой (2,98%) и сегментно-ровной (5,98%) поймы.

Фоновый (кларковый) уровень содержания химических элементов в почвах определяют по-разному: 1) если распределение металлов в почвах близко к логнормальному и имеет вид бимодальной кривой, то фоновым содержанием металлов считают модальное значение, соответствующее левому максимуму плотности распределения вероятности; 2) под фоновым понимают содержание металлов в почвах, удаленных от локальных источников загрязнения [5]. Второй прием применяется наиболее часто и обычно имеется в виду содержание элемента в самом верхнем почвенном горизонте. Мы склоняемся к этому приему по ряду причин. Во-первых, островные территории можно отнести к удаленным от промышленных источников загрязнения и таким образом использовать их как эталонные территории при мониторинге природных систем. Во-вторых, распределение металлов меняется от элемента к элементу, от одного типа почв к другому, поэтому невозможно учесть все

статистические особенности распределения концентраций.

Закономерность постепенного увеличения кларка металлов в почвах мира в ряду Pb — Si — Ni — Zn — Cr — Mn в островных почвах обоих районов водохранилища строго выдерживается (табл. 4). В почвах островов казанского района содержание металлов не превышает кларк по А. П. Виноградову [2]. Это характерные значения для супесчаных и слабогумусированных почв. Содержание меди и никеля в аллювиальных почвах камских островов несколько выше средних значений для почв мира, а цинка и свинца — близко к ним. Как и почвообразующие породы, почвы островов чистопольского района достоверно отличаются по уровню валового содержания металлов от почв островов казанского участка водохранилища. Таким образом, доказана необходимость разделения аллювиальных отложений и почв островов казанского и чистопольского районов водохранилища при вычислении кларкового содержания в них металлов.

В почвенном покрове условно выделенных нами двух участков казанского района водохранилища выше и ниже Казани различия концентраций свинца, меди, никеля и цинка, установленные для почвообразующих пород, еще более усиливаются. Для марганца выявлена обратная картина — его содержание в почвах на участке ниже Казани выше в 1,7 раза, что мы связываем с усилением аккумулятивной роли лесной растительности (острова лесного типа) по отношению к этому элементу.

Таблица 4

Кларки металлов в почвах островов Куйбышевского водохранилища, мг/кг

Районы	Pb	Cu	Ni	Zn	Cr	Mn
Казанский	6,7	11,7	30,8	35,2	40,1	288,6
выше						
Казани	6,7	12,7	34,5	34,8	42,5	258,2
ниже						
Казани	6,6	4,6	19,7	23,3	22,1	446,6
Чистопольский	7,3	30,9	69,6	51,7	84,7	602,8

Кларк по А. П. Виноградову    10    20    40    50    200    850

Одним из важных показателей при выяснении фоновых (кларковых) концентраций металлов является функция их распределения в породах и почвах. В результате интенсивной дифференциации вещества с речным стоком, различий фациальных обстановок его седиментации на поверхности поймы исходные уровни металлов в аллювии и почвах островов крайне неодинаковы. Это зависит от великого множества факторов, многие из которых не подчинены гауссовскому закону распределения (минералогический и гранулометрический состав, содержание органического вещества, карбонатов, характер и степень оглеения), потому и функция распределения в них металлов должна отличаться от нормальной. И хотя статистический анализ данных, проведенный с использованием критерия Колмогорова — Смирнова, показал, что распределение свинца, меди, цинка, хрома и марганца в аллювиальных отложениях и почвах островов Куйбышевского водохранилища близко к логарифмически нормальному, оно значительно сложнее, чем это описывает уравнение распределения идеального вариационного ряда.

Таким образом, распределение металлов в почвах островов носит региональный характер, что в первую очередь подтверждается резко отличными величинами кларков металлов в почвах двух орографических районов водохранилища — казанского и чистопольского. Полагаем, что при дальнейшем изучении характера распределения металлов в почвах островных систем других районов (плесов) водохранилища региональный характер их накопления в аллювиальных почвах проявится еще в большей степени в соответствии с изменением почвенно-биоклиматических и геологических условий по продольной оси водоема.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов А. П. // Геохимия. — 1956. — № 1. — С. 6—52.
2. Виноградов А. П. // Геохимия. — 1962. — № 7. — С. 555—557.
3. Гордеев В. В. Речной сток в океан и черты его геохимии. — М., 1983.
4. Добровольский В. В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. — М., 1983.
5. Мотузова Г. В. Принципы и методы почвенно-химического мониторинга. — М., 1988.
6. Перельман А. И. Геохимия ландшафта. — М., 1975.

Получила 23.11.93.

*D. V. Ivanov, B. R. Grigoryan,  
T. A. Faskhutdinova*

The content and distribution of metals (Pb, Cu, Ni, Zn, Cr, Mn) in soils and alluvial de-

posits of the islands of Kuibyshev reservoir are studied on the base of geochemical approachment. The main sources of metals in islands ecosystems are discussed. The noticed regional difference in metal's contents in soils between Volga and Kama islands is due to rock composition, grain size of deposits and soil formation regimes.

УДК 577.4

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

*Б. Р. Григорьян, С. Н. Калимуллина, А. М. Хакимова*

*Отдел биогеохимии (зав.—доц. Б. Р. Григорьян) Института экологии природных систем АНТ, кафедра гигиены детей и подростков (зав.—проф. А. Х. Яруллин) Казанского ордена Трудового Красного Знамени медицинского института имени С. В. Курашова*

В XX веке защита биосферы становится жизненно важной проблемой. Комплексное биогеохимическое обследование на содержание тяжелых металлов (ТМ) в компонентах биосферы и медицинское — по состоянию здоровья у детей и подростков — проведено в нескольких административных районах Восточного Предкамья (Елабужский, Менделеевский) и Восточного Закамья (Нижнекамский, Тукаевский, Актанышский), различающихся по природным условиям и находящимся в зоне интенсивного промышленного и сельскохозяйственного освоения и использования.

Задачи исследований были следующими:

1) выявить концентрацию и основные закономерности распределения микроэлементов (Cu, Zn, Mn, Pb, Ni, Cd) в геохимической цепи: почвообразующие породы — природные воды — почвы — растительность;

2) установить количественную зависимость агрохимических свойств почв от содержания в них валовых и растворимых форм ТМ;

3) изучить фактическое питание населения с целью установления влияния алиментарного фактора на характер эндемического процесса и разработать рационы питания с оптимальным содержанием микроэлементов (МЭ);

4) изучить состояние здоровья детского населения и выявить биологические реакции организма на естественные и техногенные геохимическое факторы внешней среды;

5) сопоставить почвенно-геохимические данные с данными о состоянии здоровья детского населения.

В географическом отношении обследуемая территория делится долинами рек Камы, Вятки и Шешмы на Восточное Прикамье и Восточное Закамье. Восточное Предкамье к востоку от Вятки тянется относительно узкой полосой вдоль Камы, входит территориально в южную подзону северной тайги; почвенный покров состоит преимущественно из дерново-подзолистых и лесостепных почв. Восточное Закамье представляет собой лесостепь со сравнительно засушливым климатом и преобладанием черноземных почв.

Поскольку миграционный поток элементов начинается с почв, обследованию почвенного покрова уделялось основное внимание. Микроэлементный состав наследуется почвами от породы. Содержание ТМ в почвообразующих породах неодинаково и связано с их генезисом, петрографическим и химическим составом. Материнские породы — в основном тяжелого механического состава. Элювий пермских пород богаче марганцем, свинцом, никелем по сравнению с лессовидными суглинками и глинами, но в последних больше меди и цинка. Все тяжелые породы почти одинаковы по содержанию никеля. Элювий плотных пород (мергели, известняки, песчаники) отличается от элювиальных и лессовидных глин и суглинков значительно меньшими концентрациями меди и цинка. Плотные породы