

# ОСОБЕННОСТИ трансформации химического СОСТАВА атмосферных **ОСАДКОВ** при их взаимодействии с почвенным покровом подзоны южной тайги Европейской территории России

**Статья посвящена исследованиям процессов трансформации химического состава атмосферных осадков, находящихся под воздействием Конаковской ГРЭС, при их взаимодействии с почвами разных биогеоценозов водосбора Иваньковского водохранилища - основного источника питьевого водоснабжения г. Москва. Доминирующими в поступающем на водосбор аэральном потоке веществ являются аэрозоли. В жидкой фазе аэрального потока тяжелые металлы находятся в катионной форме. При взаимодействии с почвенными элементами образуются отрицательно заряженные комплексные соединения металлов с различными фракциями органического вещества, что существенно меняет характер их миграционной способности по почвенному профилю.**

## Введение

**В**заимосвязь между атмосферными осадками, почвой и подземными водами чаще всего предполагается или утверждается априори. Однако полевых и экспериментальных данных о конкретных показателях качественной и количественной связи между ними очень мало. В тоже время, для понимания закономерностей формирования химического состава вод в пределах водосбора с учетом техногенного воздействия на него необходимо изучение закономерностей трансформации гидрохимического потока в системе атмосфера – почвенный покров – зона аэрации – грунтовые воды. Гидрохимические миграционные потоки в этой системе трансформируются на ряде гидрохимических барьеров, механизмы функционирования которых не могут быть поняты без изучения трансформации форм существования

элементов, которые определяют миграционные возможности элементов и направленность их взаимодействия в почвенном профиле.

Взаимодействие почв с химическим составом атмосферных вод определяет и механизмы удержания отдельными почвенными компонентами элементов, поступающих с осадками, что может в принципе уменьшить барьерную функцию почвенного покрова.

Совместное рассмотрение химических свойств атмосферных осадков, почвенных и грунтовых вод определенного ландшафта может дать информацию о соотношении процессов, обуславливающих структуру и функционирование различных уровней организации водной системы этого ландшафта.

Таким образом, целью настоящей работы являлось изучение особенностей трансформации гидрохимического миграционного потока в системе атмосфера – почвенный покров – грунтовые воды различных геоценозов на примере водосборной территории Иваньковского водохранилища, находящейся под воздействием аэротехногенного загрязнения от Конаковской ГРЭС.

В работе решались следующие задачи:

- ♦ оценить влияние Конаковской ГРЭС на уровень загрязнения снегового покрова и почв территории;
- ♦ изучить формы существования тяжелых металлов (ТМ) в снеговом покрове территории, подверженной влиянию ГРЭС, и на участках фона;
- ♦ определить формы миграции ТМ по почвенному профилю типичных подзолистых почв территории;

**Е.М. Гусев\***,  
доктор биологических наук, заведующий лабораторией физики почвенных вод, Институт водных проблем РАН

**А.Г. Кочарян**,  
кандидат геолого-минералогических наук, доцент, руководитель группы гидрогеохимических и медико-экологических исследований, Институт водных проблем РАН

\* Адрес для корреспонденции: sowaso@yandex.ru

♦ выявить особенности формирования химического состава почвенных и грунтовых вод в различных биогеоценозах (БГЦ) водосбора.

## Материалы и методы исследования

**П**олевыми исследования проводились на водосборной территории Иваньковского водохранилища – основного источника водоснабжения г. Москва, на трех разных БГЦ, типичных для южно-таежного Верхневолжья. Объектами исследований послужили снеговой покров, почвы, почвенные и грунтовые воды.

Отбор проб снегового и почвенного покровов проводился по 5 отдельным направлениям от Конаковской ГРЭС. Отборы образцов для определения химического состава почвенных вод лесного, лугового и агроценоза проводились в гравитационных лизиметрах Шиловой [1].

Химические анализы выполнялись в Институте водных проблем РАН, на кафедре химии почв почвенного факультета МГУ им. Ломоносова и в Институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН (ГЕОХИ РАН).

В снеговых образцах в процессе фильтрации через мембранный фильтр с диаметром пор 0,45 мкм проводилось разделение на взвеси и растворенные формы ТМ. В почвах и взвесьях определение валовых содержаний ТМ проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе «Perkin-Elmer 460».

Гравитационные лизиметры устанавливались на двух уровнях - ниже гумусового (глубина 28–30 см) и в горизонте С (глубина 55 см). Отбор воды из лизиметров проводился весной, летом, осенью, отбор грунтовых вод – 2-4 раза в месяц. В водах определялись главные ионы, цветность, рН, органические вещества, ТМ.



Выделение из воды различных форм нахождения ТМ основано на использовании ионитов (анионно- и катионнообменной природы): диэтиламинэтилцеллюлозы (ДЭАЭ-целлюлоза) и карбоксиметилцеллюлозы (КМ-целлюлоза). Их использование позволяет разделить формы нахождения ТМ по знаку заряда. ДЭАЭ-целлюлоза извлекает из раствора элементы, связанные с фракцией гуминовых и фульвокислот, низкомолекулярными органическими кислотами. КМ-целлюлоза извлекает из раствора ионные формы и комплексы с аминокислотами, белками, полипептидами. В растворе остаются формы ТМ, связанные с нейтральными коллоидами, полисахаридами, свободными редуцирующими сахарами. Для оценки обменных форм ТМ в почвах и взвесьях использовалась водная вытяжка и вытяжка 1 н ацетатно-аммонийного буферного раствора с рН 4,8.

Фракционирование растворенных органических веществ почвенных вод по величинам молекулярных масс в пределах от 180 до 3000 D проводилось в ГЕОХИ РАН на колонках с сефадексом G-25.

При использовании колонок диаметром 1,4 см и высотой слоя геля 40-42 см выходят органические соединения с молекулярной массой более 3000 D, в первой фракции идентифицируются соединения с молекулярной массой 3000 D, во второй - 1500 D, третьей - 600 D, четвертой - 300 D, пятой - 200 D, шестой - 180 D. Если первые четыре фракции содержат высокомолекулярные органические соединения, то пятая и шестая содержат аминокислоты, карбоновые и оксикарбоновые кислоты, фенолы, эфиры и др. Во фракциях определялось содержание ТМ методами плазменной спектроскопии.

## Результаты и их обсуждение

### Металлы в талых водах

Фазовое распределение металлов в талых водах приведено в *табл. 1*. Из данных таблицы следует, что на фоновых участках ТМ находятся, в основном, в растворенных формах и их концентрации очень невелики.

В районе Конаковской ГРЭС положение меняется - твердая фаза ТМ начинает существенно доминировать в общем балансе элементов, находящихся в снеговых водах. В связи с этим возникает вопрос о влиянии твердой фазы на формирование локальной геохимической аномалии в почвенном покрове на территории, находящейся под негативным влиянием Конаковской ГРЭС. В *табл. 2* показано отношение содержания ТМ в твердой фазе талых вод к их содержанию в верхней части гумусового горизонта почв.

**Таблица 1**

Фазовое распределение ТМ в талых водах водосбора Иваньковского водохранилища, мкг/л (съемка – март 2007 г.) (числитель – содержание в твердой фазе, знаменатель – в жидкой фазе)

Место отбора	Содержание элементов, мкг/л						
	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
Территория Конаковской ГРЭС	<u>17,1</u> 12,6	<u>6,4</u> 2,1	<u>42,2</u> 31,2	<u>29,1</u> 21,6	<u>99,3</u> 75,0	<u>2,0</u> 0,99	<u>16,1</u> 13,0
Мошковичевский залив, 2 км на восток от ГРЭС	<u>13,7</u> 11,2	<u>8,9</u> 9,6	<u>27,4</u> 18,6	<u>24,4</u> 22,0	<u>94,1</u> 102,0	<u>1,6</u> 0,83	<u>19,4</u> 16,6
д. Речицы, 4 км на юго-восток от ГРЭС	<u>14,9</u> 14,7	<u>7,7</u> 2,11	<u>29,5</u> 26,2	<u>29,1</u> 26,9	<u>90,0</u> 76,8	<u>1,5</u> 0,93	<u>19,0</u> 16,6
д. Юрьево, 12,5 км на юго-восток от ГРЭС	<u>8,3</u> 11,6	<u>6,0</u> 6,1	<u>7,2</u> 12,8	<u>4,8</u> 16,5	<u>60,0</u> 73,2	<u>1,1</u> 1,2	<u>7,1</u> 7,2
д. Плоски, 11 км на юго-запад от ГРЭС	<u>9,7</u> 9,1	<u>7,7</u> 9,14	<u>8,8</u> 13,2	<u>8,9</u> 15,7	<u>55,4</u> 69,3	<u>0,9</u> 1,0	<u>6,9</u> 8,7
д. Свердлово, 13 км на юго-запад от ГРЭС	<u>11,4</u> 12,6	<u>11,7</u> 26,6	<u>8,0</u> 15,4	<u>9,4</u> 20,3	<u>49,7</u> 63,0	<u>0,2</u> 1,8	<u>5,5</u> 7,63
1-ая паромная переправа, канал им. Москвы, 22 км на восток от ГРЭС	<u>7,4</u> 11,5	<u>0,9</u> 1,4	<u>7,1</u> 14,0	<u>3,4</u> 18,2	<u>31,1</u> 94,5	<u>0,1</u> 1,1	<u>12,1</u> 23,0
д. Городня, 33 км на запад от ГРЭС	<u>1,4</u> 1,0	<u>0,0</u> 0,2	<u>1,2</u> 2,0	<u>0,1</u> 1,0	<u>3,0</u> 7,0	<u>0,0</u> 0,4	<u>2,0</u> 4,0

**Таблица 2**

Отношение содержания ТМ в твердой фазе талых вод к их содержанию в верхней части гумусового горизонта почв

Место отбора	Cr	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
Территория Конаковской ГРЭС	0,40	1,93	1,37	0,46	0,23	1,44
Мошковичевский залив, 2 км на восток от ГРЭС	0,36	0,85	0,79	0,52	0,17	1,50
д. Речицы, 4 км на юго-восток от ГРЭС	0,17	0,20	0,16	0,52	0,11	1,06
д. Юрьево, 12,5 км на юго-восток от ГРЭС	0,32	0,15	0,29	0,40	0,17	1,32
д. Плоски, 11 км на юго-запад от ГРЭС	0,22	0,09	0,18	0,16	0,11	0,86
д. Свердлово, 13 км на юго-запад от ГРЭС	0,56	0,40	0,59	0,51	0,66	19,3
1-ая паромная переправа, канал им. Москвы, 22 км на восток от ГРЭС	0,48	0,33	0,58	1,25	0,36	2,82
д. Городня, 33 км на запад от ГРЭС	0,20	0,15	0,23	0,15	0,14	0,8

**Таблица 3**

Формы нахождения металлов в талых водах водосбора Иваньковского водохранилища, % (съемка – март 2007 г.)

Элементы	Конаковская ГРЭС			1-я паромная переправа канала им. Москвы			д. Городня		
	катионная	анионная	нейтральная	катионная	анионная	нейтральная	катионная	анионная	нейтральная
Cr	84	6	10	78	4	18	80	5	15
Co	60	10	30	58	4		59	7	34
Ni	79	11	10	71	3	38	77	6	17
Cu	77	14	9	87	3	10	81	1	18
Zn	70	3	27	63	4	33	61	2	37
Cd	78	4	18	70	3	27	73	5	22
Pb	93	0	7	79	4	17	82	2	16

Данные свидетельствуют о том, что содержание ТМ в твердой фазе значительно ниже их содержания в почве. Это говорит о том, что механизм образования локальной геохимической аномалии в почвенном покрове зависит не только от аэрального потока ТМ. Исключение составляет Рb, отношение содержания которого в твердой фазе талых вод к их содержанию в верхней части гумусового горизонта больше единицы (табл. 2). Материалы по изучению форм существования ТМ в талых водах представлены в табл. 3. Анализ материалов табл. 3 показал, что большая часть металлов находится в растворе в виде катионных форм с положительным зарядом. Это свидетельствует о высоком уровне реакционной способности талых вод при их взаимодействии с растительным опадом, подстилкой и гумусовым горизонтом почв. При этом на фоновых участках при неизменно высоком содержании катионных форм возрастает роль нейтральных комплексов по сравнению с районом, непосредственно примыкающим к Конаковской ГРЭС. Очень важно оценить состояние ТМ в почвах, подверженных воздействию аэрозольных выбросов ГРЭС. На фоновых участках большая часть металлов прочно связана с почвенной матрицей. Обогащение верхних горизонтов почв, подверженных антропогенному воздействию, подвижными формами металлов особенно ярко проявляется в агроландшафтах (табл. 4). Сдвиг в сторону увеличения доли непрочно связанных соединений металлов в почвах, подверженных аэральному загрязнению, свидетельствует о потенциальной опасности этих почв для поверхностных водных объектов в половодье и паводочный периоды. Этот процесс может быть активизирован при наличии горизонта подстилки (табл. 4).



**Таблица 4**

Предельные содержания водорастворимых и подвижных форм тяжелых металлов от их валовых концентраций в гумусовом горизонте дерново-подзолистых почв водосбора Иваньковского водохранилища, подверженного аэральному загрязнению выбросов Конаковской ГРЭС

Формы нахождения	Элементы, %								
	Pb	Mo	Cr	Ni	Cu	Zn	Co	Fe	Mn
Водорастворимая	12	22	21	17	23	-	11	9	3
Обменная	29	32	26	41	40	40	29	19	25

#### *Металлы в почвенных водах*

Вступая в контакт с опадом и подстилкой, атмосферные осадки весьма существенно меняют свой химический состав и формы миграции элементов. Несмотря на незначительную мощность, подстилка играет огромную роль в фиксации и накоплении элементов, которое происходит за счет аэрального поступления и минерализации опада. Основу подстилки составляют органические вещества растительных остатков, состоящие из лигнина, клетчатки, гемицеллюлозы и ряда других высокомолекулярных органических соединений, в том числе продуктов жизнедеятельности живых организмов. Изучение поглощения Zn подстилкой показало, что ее поглотительная способность составляет 20–40 ммоль (+)/100 г, что в 5–6 раз превышает таковую для гумусового горизонта (5,1 ммоль (+)/100 г) [2]. Но десорбция поглощения Zn слабо солевым раствором показывает низкую прочность удержания металла – около 20 % десорбируется однократной вытяжкой 0,01 н CaCl<sub>2</sub> и от 70 до 100 % экстракцией аммонийно-уксусной вытяжкой с рН 4,8. Это объясняется тем, что растительный опад служит главным источником весьма мобильных органических веществ с ярко выраженными комплексообразующими свойствами. И в самых верхних горизонтах почв (A<sub>0</sub>, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>) эти органические соединения переводят в раствор многие химические элементы, которые мигрируют в виде абиотических потоков по почвенному профилю до грунтовых вод. Приходная статья для химических элементов почвенных вод складывается из поступления их с атмосферными осадками, пополнения за счет освобождения из первичных и вторичных минералов – продуктов выветривания и почвообразования, разлагающихся органических остатков и продуктов их трансформации. Расходная статья обеспечивается миграцией веществ с нисходящим потоком воды, усвоением растениями, фиксацией

сацией почвенными компонентами, испарением с поверхности.

Самые варьирующие показатели исследуемых почвенных вод: объем собираемой пробы, цветность, концентрация ионов  $K^+$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $NO_3^-$ , то есть те компоненты, которые напрямую зависят от биологической активности почв. Величина коэффициентов вариации ( $V\%$ ) для них колеблется от 50 до 150%. Относительно стабильнее уровни pH ( $V = 4 - 10\%$ ), электропроводность ( $V = 15 - 30\%$ ), концентрация  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  ( $V = 25 - 50\%$ ).

Выявление влияния сезона на состав вод затруднялось тем, что отбор их проводился 3 раза в год и в каждой пробе суммировался 3–4 месячный объем влаги.

Высокие уровни варьирования концентраций химических показателей осложняют сопоставление состава почвенных и грунтовых вод, поэтому сопоставлялись интервалы значений этих показателей. Данные, приведенные в *табл. 5*, свидетельствуют, что почвенные воды по сравнению с атмосферными осадками обогащаются такими показателями, как общая минерализация, содержание Ca, Mg, Cl, K,  $P_{мин}$ , Na, Mn, Fe, Zn, Cu, цветность, окисляемость. И только концентрации таких показателей, как  $SO_4^{2-}$  и  $NO_3^-$

**Ключевые слова:**

биогеоценоз,  
формы миграции  
элементов,  
тяжелые металлы,  
фульвокислоты,  
гуминовые кислоты,  
лизиметры

в почвенных водах ниже, чем в атмосферных осадках вследствие сорбции их частицами почвы. Содержание ионов  $Cl^-$  практически не меняется [3].

Связь почвенных вод с грунтовыми водами кратковременна и отмечается только в весенний период. Все остальное время трансформация химического состава грунтовых вод протекает под влиянием факторов, не связанных с процессами почвообразования, и зависит от процессов взаимодействия вод с вмещающими породами. Влияние этих процессов весьма существенно и приводит к увеличению таких показателей, как общая минерализация, концентрация Ca, Mg,  $HCO_3$ ,  $SO_4$ , Na, Cu, Zn, Mn. При повышенных содержаниях органического вещества в почвенных водах лишь незначительная их часть достигает грунтовых вод; та же картина наблюдается для  $P_{мин}$ , K, Fe, которые хорошо сорбируются на почвенных частицах (*табл. 5*).

Наряду с общими закономерностями трансформации гидрохимического потока в системе атмосфера – почва – грунтовые воды обнаружены и индивидуальные особенности формирования химического состава почв разных биогеоценозов. Почвенные воды лесного биогеоценоза образовались в профиле

**Таблица 5**

Показатели состава атмосферных осадков, почвенных и грунтовых вод различных биогеоценозов

Показатель	Атмосферные осадки	Лесной БГЦ	Агроценоз	Луговой БГЦ	Грунтовые воды
Электропроводность, мСм/м	1–9	35–85	5–13	6–15	44–59
Цветность, град	0,0	15–150	10–100	95–550	16–171
Окисляемость, мг O/л	0–1,1	5-14	2–20	20-50	4,0–11,0
ммоль-экв/л					
$Ca^{2+}$	0,1-0,7	3–14	0,2–2,0	0,3–1,1	4,0–11,0
$Mg^{2+}$	0,01–0,1	0,6–2,5	0,06–0,33	0,1–0,38	1,4–1,5
$Na^+$	0,02–0,7	0,2–0,65	0,03–0,18	0,08–0,22	0,17–0,22
$K^+$	0,03–0,2	0,0–0,04	0,01–0,07	0,1–1,0	0,03–0,4
$HCO_3^-$	0,2–0,4	3,0–7,8	0,25–0,6	0,5–0,6	4,8–7,0
$NO_3^-$	0,0–0,3	0,05–0,5	0,003–0,3	0,03–0,1	0,01–0,15
$SO_4^{2-}$	0,01–0,3	0,2–1,0	0,01–0,1	0,02–0,1	0,1–0,8
$PO_4^{3-}$	0,0–0,001	0,00 –0,009	0,005–0,05	0,06–0,24	0,009–0,02
Cl	0,03–0,25	0,2-0,5	0,03–0,14	0,05–0,3	0,1–0,2
мг/л					
Fe	0,02–0,08	следы–0,1	следы–0,5	следы–0,4	0,04–0,24
Mn	0,01–0,02	следы–0,06	следы–0,08	следы–0,06	0,1–0,13
Al	0,0–0,002	следы–0,1	следы–0,2	следы–0,15	–
ммоль-экв/л					
Sr	0,0–0,02	0,08–0,36	0,03–0,15	0,04–0,13	–
Zn	0,0–0,05	следы–0,15	следы–0,15	следы–0,11	0,1–0,3
Cu	0,0–0,003	следы–0,05	следы–0,05	следы–0,03	0,01–0,1
Pb	0,0–0,002	0,002–0,007	следы–,007	0,002	–

дерново-подзолистых супесчаных почв, развитых на флювиогляциальных песчаных отложениях. Концентрация в них катионов Са, Mg, К, Na на порядок превышает концентрацию в почвенных водах других биогеоценозов. Та же картина и по концентрации таких анионов, как Cl, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, что в итоге обеспечило значительно более высокую общую минерализацию этих вод (табл. 5). В лесном БГЦ наблюдается существенное увеличение степени окисляемости и резкое падение вклада растворенных высокомолекулярных органических веществ в почвенных водах, отобранных под иллювиальным почвенным горизонтом. В этих водах произошло существенное увеличение роли низкомолекулярных соединений (табл. 6). Аналогичная закономерность наблюдается и в почвенных водах лугового БГЦ, но столь сильной трансформации и дифференциации органических соединений различного молекулярного веса, как в лесном БГЦ, здесь не отмечается (табл. 6). Воды этого биогеоценоза формируются в дерново-подзолистых супесчаных почвах, развитых на флювиогляциальных отложениях. В них меньше растворенных органических соединений, ниже концентрации главных ионов, что объясняется значительно меньшим объемом биомассы луговых ценозов, чем в лесных БГЦ (табл. 6).

Почвенные воды агроценозов отличает более высокий уровень содержания нитрат- и фосфат-ионов по сравнению с водами почв, непосредственно соседствующих с почвами агроландшафтов, но занятых луговой растительностью. Нитраты и фосфаты – основные биогенные элементы, вынос которых с урожаем компенсируется внесением соответствующих удобрений. Превышения в содержа-

нии калия, который тоже обычно вносят в пахотные почвы с удобрениями, в почвенных водах не обнаружено, возможно, из-за его способности прочно удерживаться почвенными частицами.

В агроценозах также с глубиной возрастает окисляемость почвенных вод, но в отличие от природных биогеоценозов вклад высокомолекулярных органических соединений по почвенному профилю остается практически неизменным. Данные табл. 6 свидетельствуют о том, что в лесном БГЦ миграционная способность низкомолекулярных фульвокислот существенно выше, чем в луговом БГЦ и агроландшафте.

Влияние биогенных, литогенных и антропогенных факторов привело к формированию почвенных вод со специфическими для каждого биогеоценоза химическими свойствами. Концентрация микроэлементов в почвенных водах выше, чем в атмосферных осадках, но остаётся невысокой из-за нейтральной или слабощелочной реакции почвенных вод. Учитывая широкий спектр разнообразных органических соединений гумусовой природы в почвенных водах, обладающих способностью к комплексообразованию с ТМ, были проведены исследования их миграционных форм. Данные табл. 7 показывают, что в почвенных водах после их просачивания через гумусовые горизонты ничтожно мало свободных катионов ТМ и доминируют органо-минеральные формы их существования, несущие отрицательный заряд. Это ведет к снижению поглощательной способности почв в отношении ТМ и повышает миграционную способность последних, так как почва представляет собой отрицательно заряженный катионит и задерживать отрицательно заряженные формы ТМ не может.

**Таблица 6**

Изменение соотношения молекулярных масс растворенных органических веществ в почвенных водах различных биогеоценозов, отобранных под гумусовым и иллювиальными горизонтами почв, в % от перманганатной окисляемости (ПО)

Глубина отбора, см, Перманганатная окисляемость (ПО)	Лесной БГЦ		Луговой БГЦ		Агроценоз	
	27 см, ПО=10 мг О/л	55 см, ПО =29,7 мг О/л	28 см, ПО =9,7 мг О/л	55 см, ПО =29,7 мг О/л	25 см, ПО =3,6 мг О/л	55 см, ПО =9,8 мг О/л
Молекулярная масса, D						
3000	100,0	4,35	61,0	30,0	17,0	36,0
1500	0	14,0	11,0	26,7	33,0	16,8
600	0	5,8	5,3	6,7	22,0	5,6
300	0	5,8	0,0	6,7	0	13,6
< 180	0	70,05	22,7	29,9	28	28



**Таблица 7**

Формы существования ТМ в почвенных водах лесного БГЦ в % от их валовых содержаний

Элементы	Валовые содержания в водах	Формы существования ТМ, %		
		Анионы	Нейтрально заряженные	Катионы
Zn	0,58	82	15	3
Cu	0,22	82	14	4
Mn	0,26	93	4	3
Fe	0,9	78	4	18

**Таблица 8**

Формы миграции элементов с ассоциатами фульвокислот различной молекулярной массы в почвенных водах лесного биогеоценоза (%)

Элементы	% содержания элементов в ассоциатах				
	>3000 D	3000 D	1500 D	600 D	300 D
Zn	–	–	38	42	20
Cu	39	44	13	3	1
Pb	46	41	13	–	–
Fe	37	40	21	2	–
Mn	–	–	18	49	33

Существующие представления об осаждении ТМ в виде гидроксидов и основных солей при фильтрации снеговых вод в почвенные горизонты не имеют обоснования, так как для их перехода в твердую фазу начальная концентрация должна быть не ниже 5 мг/л.

И если учесть, что движение воды в почве – далеко не простой процесс постепенной послойной фильтрации и в ней всегда существуют быстрые, «сквозные» потоки по микропорам и трещинам, становится ясно, что по этим путям могут переноситься, практически не сорбируясь, самые различные миграционные формы загрязняющих веществ, например, ионы калия.

Все это свидетельствует о том, что почвенный покров далеко не всегда защищает грунтовые воды от ТМ, поступающих на водосборы с атмосферными осадками (табл. 7).

Различные элементы мигрируют преимущественно с определенными ассоциатами фульвокислот различной молекулярной массы (табл. 8).

Данные табл. 8 позволяют предположить, что в определенных биогеоценозах создаются различные условия миграции ТМ по почвенному профилю. Там, где органическое вещество мигрирует в виде низкомолекулярных соединений, создаются предпосылки для активной миграции Zn и Mn, а там, где мигрируют преимущественно высокомолекулярные органические соединения, лучше мигрирует Fe, Cu и Pb.

## Заключение

**А**тмосферные осадки являются заметным источником загрязнения ТМ снегового и почвенного покрова водоохранной зоны Ивановского водохранилища.

Уровень содержания ТМ в жидкой и твердых фазах снегового покрова на близко расположенной к Конаковской ТЭЦ территории на порядок выше его фонового содержания. Роль аэрозольного потока является определяющей в общем балансе аэрального поступления элементов.

Большая часть ТМ, содержащихся в жидкой фазе снега, находится в виде положительно заряженных катионных форм, что свидетельствует о высокой реакционной способности талых вод при их взаимодействии с подстилочным и гумусовым горизонтом почв.

Все показатели химического состава атмосферных, почвенных и грунтовых вод отличаются высоким уровнем варьирования. Определение статистических параметров в этих условиях неэффективно, более информативны интервальные и медианные значения каждого показателя.

Процессы взаимодействия атмосферных осадков с почвами региона ведут к повышению в почвенных водах содержания главных ионов, растворимых в воде органических соединений, биогенных элементов. Концентрации микроэлементов в этих водах несколько выше, чем в атмосферных осадках, но остаются низкими из-за нейтральной реакции среды. Почвенные воды различных биогеоценозов имеют свои индивидуальные черты, связанные с различным сочетанием биогенных, литогенных и антропогенных факторов, формирующих химический состав этих вод.



Концентрации главных ионов, Mn и Zn, в грунтовых водах выше, чем их содержание в почвенных водах. С учетом кратковременности связи почвенных вод с грунтовыми можно констатировать, что формирование химического состава грунтовых вод протекает, в основном, при взаимодействии с вмещающими породами и влияние состава почвенных вод не является определяющим в этом процессе.

Характерной чертой почвенных вод является их обогащенность водорастворимыми органическими веществами, которые могут способствовать миграции металлов. В разных биогеоценозах по-разному происходит дифференциация высоко- и низкомолекулярных фракций растворенных органических веществ по почвенному профилю.

Формы существования элементов в процессе их миграции в системе атмосферные осадки – почвенные горизонты – зона аэрации меняют свой знак с положительного на отрицательный. Учитывая особенности почвенного профиля как системы с отрицательным зарядом, можно говорить о создании в почвенном профиле благоприятных условий

для миграции элементов в комплексах с фульвокислотой в анионной форме.

При этом Mn и Zn образуют комплексные соединения преимущественно с низкомолекулярными органическими веществами, а Cu, Pb и Fe – с высокомолекулярными. Поэтому в различных биогеоценозах создаются различные условия миграции ТМ в почвенных и грунтовых водах.

#### *Литература*

1. Барсова Н.Ю. Поглощение и миграция цинка в подзолистой и дерновой почвах Тверской области. Автореф. дис. ... канд-та биол. наук. М., 2009. 25 с.
2. Шилова Е.И. Метод получения почвенного раствора в природных условиях // Почвоведение, 1955. № 9. С. 24-36.
3. Мотузова Г.В. Состав лизиметрических вод почв верхневолжских ландшафтов / Г.В. Мотузова, Н.Ю. Барсова, Е.А. Карпова, А.Г. Кочарян // Почвоведение, 2009. № 2. С. 226-234.



E.M. Gusev, A.G. Kocharian

## CHEMICAL COMPOSITION TRANSFORMATION OF PRECIPITATIONS UNDER CONTACT WITH SOUTHERN TAIGA SOIL (EUROPEAN PART OF RUSSIA)

**T**ransformation of atmospheric precipitations under the influence of Konakovskaya power plant with their soil contact of different drainage geobioecoenosis is overviewed. Aerosols have been proved to be the dominant agent in the incoming flow at the

catchment area. In the liquid phase of aerial flow heavy metals are in cationic form. When interacting with the soil elements negatively charged complexes of metals with different fractions of organic matter are formed, which

significantly changes the nature of their migration capacity.

**Key words:** geobiocoenosis, migration forms of elements, heavy metals, fulvic and humic acids, lysimeters