

УДК 502.2; 622

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ИЗУЧЕНИИ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ СИСТЕМЫ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА СРЕДНЕГО УРАЛА

В.А. Почечун

ФБГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург

Рецензент д-р геол.-минерал. наук, профессор А.И. Семячков

Ключевые слова и фразы: биогеохимический баланс; горнопромышленный комплекс; миграция; развитие; системный подход; структура; функционирование.

Аннотация: Изучена природно-техногенная система с помощью системного подхода. Полная информация о системе представляет собой совокупность представлений о ее структуре, функционировании и развитии. Структура природно-техногенной системы представляет собой природные элементы, техногенный элемент и современное состояние элементов системы. Рассмотрен процесс функционирования системы в результате выбросов, сбросов и образования отходов, миграции загрязняющих элементов внутри системы и ее устойчивость на основании биогеохимического баланса. Дальнейшее развитие данной системы возможно с помощью биогеохимических барьеров.

Системный подход – направление методологии научного познания и социальной практики, в основе которого лежит исследование объекта как системы. Системный подход способствует адекватной постановке проблем в конкретных науках и выработке эффективной стратегии их изучения. Методологическая специфика системного подхода определяется тем, что он ориентирует исследователя на раскрытие целостности объекта и обеспечение ее механизмов, на выявление многообразных типов связей сложного объекта и сведение их в единую теоретическую картину. Системный подход занимает одно из ведущих мест в научном познании, в том числе в экологии и при решении природоохранных задач.

Почечун Виктория Александровна – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геоэкологии, e-mail: Semyachkov.A@ursmu.ru, ФБГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург.

Природно-техногенная система, с точки зрения системного подхода, представляет собой многофакторное и многокомпонентное образование. Границы природно-техногенной системы определяются базисом, который представляет предмет исследования. В данной работе предмет исследований – это природно-техногенная система, ограниченная горнопромышленным комплексом Среднего Урала.

Полная информация о системе должна представлять совокупность представлений о ее структуре, функционировании и развитии.

Структура системы определяется реально существующими элементами, связями между ними, а также устойчивостью элементов структуры. Она характеризуется понятиями «надежность», «саморегуляция». Благодаря саморегуляции система приспосабливается к окружающей среде, сохраняя свою структуру.

Функционирование – это процесс, позволяющий выполнять системе функции, для которых она создана. Оно определяется потоками энергии, вещества и информации, баланс которых определяет ее единство и целостность путем самоорганизации.

Развитие – изменение во времени и пространстве структуры и функционирования. В процессе развития происходит переход от одного устойчивого состояния к другому.

На основании изложенных представлений и исследований в области системного подхода предложен следующий путь при комплексном изучении природно-техногенной системы горно-металлургического комплекса Среднего Урала.

1. Выявлена **структура** природно-техногенной системы, представляющая триаду тесно связанных между собой элементов (рис. 1): природные (начальные) элементы, представленные фоновым содержанием загрязняющих веществ в компонентах окружающей среды; техногенный элемент, представленный горно-металлургическим комплексом (промышленные предприятия, объединенные одним типом природопользования – получением металла), и как следствие взаимодействие природных и техногенных элементов – современное состояние компонентов окружающей среды, измененных под воздействием горно-металлургического комплекса.



Рис. 1. Структура природно-техногенной системы горно-металлургического комплекса

Фоновые концентрации химических элементов в природных элементах структуры характеризуются повышенным содержанием, обусловленным специфическим геологическим развитием региона: Fe, Mn, V, Cu, Ni, Co, Pb, Zn, Cr, Cu. Концентрации данных поллютантов использованы в качестве критериев оценки современного экологического состояния природно-техногенных элементов системы.

Исследования техногенного элемента (предприятий горно-металлургического комплекса Среднего Урала) и их *ранжирование* по видам и интенсивности загрязнения показывают на следующие ассоциации загрязняющих компонентов: Fe, Mn, V, Cu, Ni, Co, Pb, Zn, Cr, Cu, Ti, при поступлении которых природные элементы образуют качественно новую структуру природно-техногенной системы. Результаты ранжирования использованы при геоэкологической оценке территории.

Современное экологическое состояние системы изучено на основе геоэкологической оценки, которая показала высокую концентрацию тяжелых металлов в компонентах окружающей среды, например, в снежном покрове в районе расположения медеплавильного завода (рис. 2).

2. Функционирование природно-техногенной системы горно-металлургического комплекса представляет собой процесс, состоящий из трех взаимосвязанных частей (рис. 3).

Постоянное и интенсивное поступление загрязняющих веществ в природно-техногенную систему происходит в результате выбросов, сбросов и образования отходов от предприятий горно-металлургического комплекса. В результате постоянного и интенсивного поступления загрязняющих веществ происходит накопление их в компонентах окружающей среды. Индикатором такого накопления может служить снежный покров, характеризующий степень воздействия техногенных элементов на окружающую среду. Снежный покров характеризуется повышенным содержанием загрязняющих веществ от техногенного воздействия (рис. 4).

Анализ миграции загрязняющих веществ на основе статистических методов показал высокую миграционную способность всех загрязняющих элементов в системе. Степень зависимости содержаний загрязняющих элементов в компонентах окружающей среды указывает на высокую миграционную подвижность загрязняющих элементов, начиная с их техногенного поступления в абиотические компоненты, а затем в смешанные и биотические компоненты (рис. 5).

Изменение устойчивости природно-техногенной системы происходит за счет постоянного и интенсивного поступления загрязняющих веществ в систему, а также миграции загрязняющих элементов внутри системы. Одним из наиболее информативных показателей устойчивости природно-техногенной системы является состояние биоты. Проведена оценка состояния мелких млекопитающих в районе воздействия меднорудной промышленности, которая показала, что по мере приближения к источнику эмиссии происходит деградация живых организмов на всех биологических уровнях: ценоотическом, популяционном, организменном.

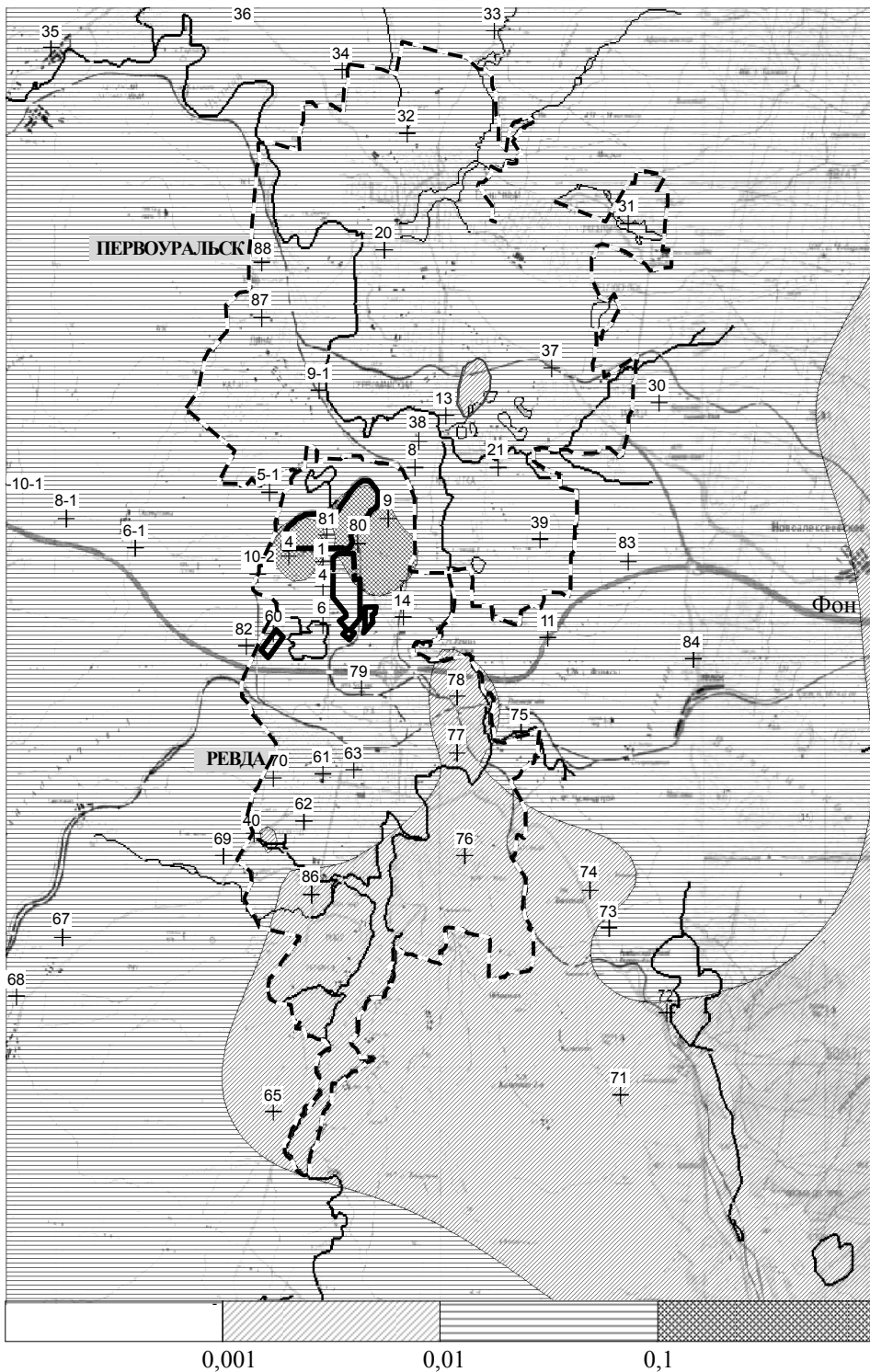





Рис. 2. Схема распределения меди в снежном покрове (растворенная форма) под воздействием меднорудной промышленности, мг/дм³:

-  — промплощадка СУМЗ;
-  — граница городских конгломераций;
-  — гидрографическая сеть района; + — точка опробования

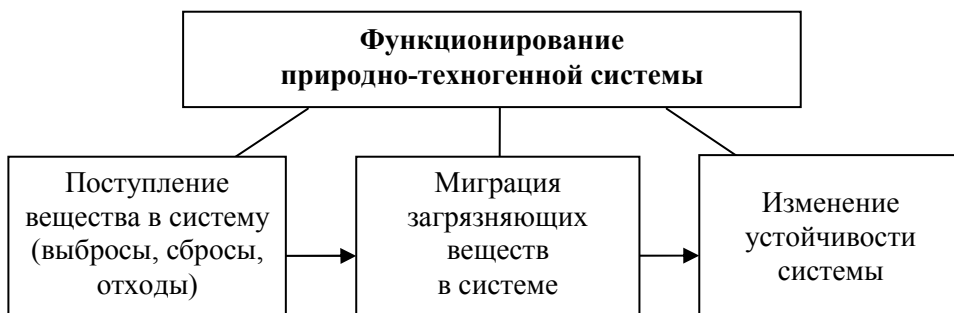


Рис. 3. Функционирование природно-техногенной системы горно-металлургического комплекса

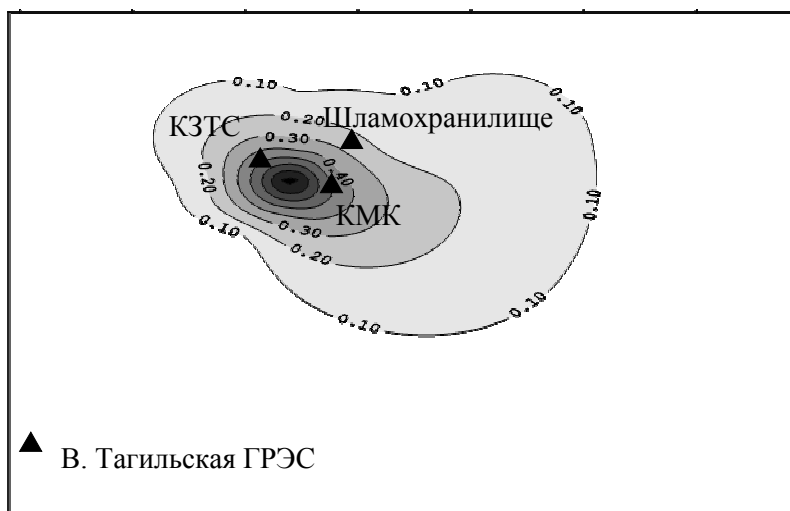


Рис. 4. Схема содержания меди (растворенная форма) в снежном покрове Кировградского промузла, мг/дм³:
▲ – источник загрязнения

Выявлен механизм устойчивости природно-техногенной системы с помощью биогеохимического баланса, на основании которого можно сделать вывод, что наряду с постоянным и интенсивным привносом загрязняющих веществ в систему, действуют и механизмы выноса данных веществ из системы. Биогеохимический баланс показал, что наибольшая часть загрязняющих веществ депонируется в растительности и живых организмах, в меньшей степени в почвах, из остальных же компонентов окружающей среды (снежный покров, подземные и поверхностные воды) происходит интенсивный вынос загрязняющих веществ в соседние системы (таблица).

3. Под **развитием** понимается переход системы в качественно новое состояние, где возникают или уничтожаются элементы структуры и соответственно повышается или уменьшается эффективность функционирования системы.

Изучение направленности развития должно начинаться с оценки сложившейся экологической ситуации, после чего нужно перейти к меропри-

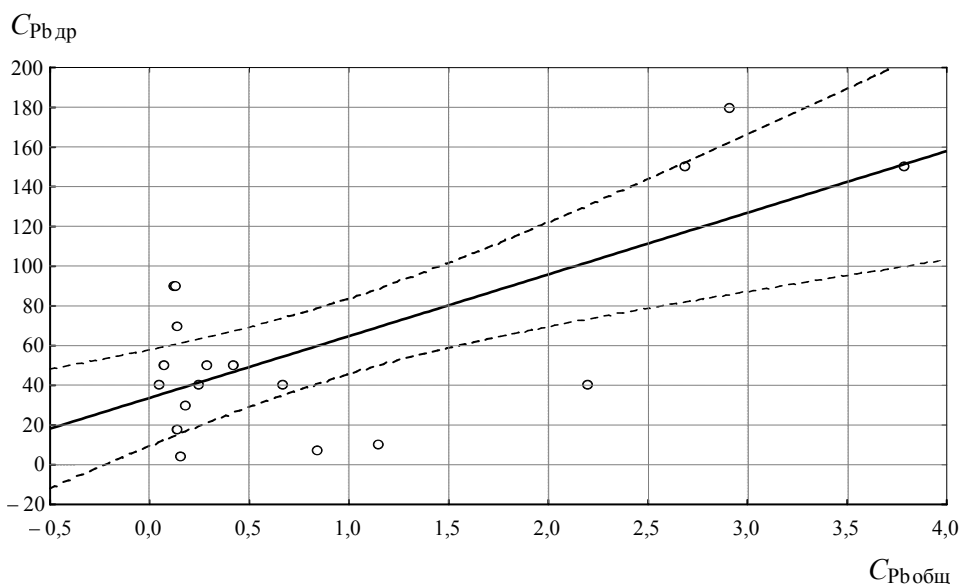


Рис. 5. Зависимость содержания свинца в снежном покрове $C_{Pb_{общ}}$ и теле имаго *Drosophila melanogaster* $C_{Pb_{др}}$: коэффициент корреляции $r = 0,70216$; доверительная вероятность 95 %

Среднегодовой биогеохимический баланс территории Первоуральско-Ревдинского промузла

Приходная часть			Расходная часть								
Элементы	Выбросы в атмосферу	Сбросы	Компоненты природной среды								
			Снежный покров	%	Почвы	%	Растения	%	Подземная вода	%	Сумма Σ , т/год
Cu	120,1006	0,38	820,93	681,38	349,12	289,77	5555,25	4610,91	0,35	0,29	12307,71
Zn	418,3582	0,72	669,96	159,87	366,036	87,34	75262,5	179,59	0,41	0,1	76725,706
As	51,2395	0,03	102,11	199,16	-	-	-	-	0,0082	1,6	301,2782
Cd	6,171	-	140,675	2279,61	-	-	-	-	-	-	2420,285
Pb	253,9316	-	768,46	302,62	280,944	110,64	12144,4	47,83	-	-	13654,854

ятням по ее улучшению или стабилизации, при этом важным фактором является эколого-экономическая оценка этих мероприятий. Такой путь позволит оптимально управлять развитием системы (экологической ситуацией).

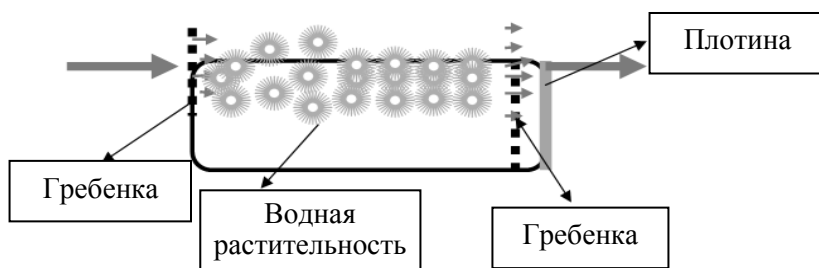


Рис. 6. Схема ботанической площадки, предназначенной для задержки загрязнения, поступающего из различных источников – локализованных или рассеянных

Анализ **современного состояния** природно-техногенной системы горнопромышленного комплекса Среднего Урала на основе геоэкологической оценки показал, что рассматриваемая система имеет несколько путей своего дальнейшего возможного развития: 1) без внедрения природоохранных мероприятий (в этом случае она придет к деградации); 2) внедрение природоохранных мероприятий, направленных на сохранение или улучшение экологической ситуации. Оптимальным из возможных вариантов внедрения таких мероприятий являются **биогеохимические барьеры**. Биогеохимический барьер – это водная экосистема, перехватывающая поток загрязнения на пути к водотоку или водоему (рис. 6). Организовано это может быть различными способами: в виде ботанической площадки, берегового биоплато, плавающего биоплато, заболоченной территории (ветлэнда), предводохранилища.

Эколого-экономическая оценка предложенной технологии защиты природно-техногенной системы горно-металлургического комплекса с помощью биогеохимических барьеров показала, что данная технология является инновационной, что связано с ее высокой экологической и экономической эффективностью, низкой стоимостью и возможностью применения в любых природно-техногенных условиях. С помощью биогеохимических барьеров возможно **управление системой**, так чтобы потоки загрязняющих веществ не попадали в соседние системы, тем самым предотвращая их загрязнение.

Список литературы

1. Двинских, С.А. Возможности использования системного подхода в изучении географических пространственно-временных образований / С.А. Двинских, Г.В. Бельтюков. – Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1992. – 245 с.
2. Семячков, А.И. Металлы в окружающей среде горно-металлургических комплексов Урала : науч. изд. / А.И. Семячков ; Урал. гос. горно-геол. акад. – Екатеринбург : [б. и.], 2001. – 320 с.

Systemic Approach to the Study of Natural and Man-Made Mining Complex of the Middle Urals

V.A. Pochechun

Ural State Mining University, Yekaterinburg

Key words and phrases: balance; bio-geochemical balance; development; functioning; migration; mining complex; structure; systemic approach.

Abstract: In this paper we consider the possibility of studying natural and industrial systems using a systematic approach. The complete information about the system is a set of assumptions about its structure, functioning and development. The structure of natural and man-made system has been revealed; it comprises the natural elements – background concentrations of elements in the components of the environment, man-made element – the mining complex and the current state of system elements – environmental components detected on the basis of geo-environmental assessment. The process of the system functioning caused by emissions, discharges and waste generation, migration of contaminants in the system and its stability on the basis of the biogeochemical balance has been studied. Further development of this system is possible through application of biogeochemical barriers.

© В.А. Почечун, 2013