

Почечун В.А., Бабенко Д.А.

ОРТО УРАЛДЫН ЖАРАТЫЛЫШТЫК ТЕХНОТЕКТҮҮ ГЕОСИСТЕМАСЫНЫН БИОГЕОХИМИЯЛЫК БАЛАНСЫ

Почечун В.А., Бабенко Д.А.

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ БАЛАНС ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ ГЕОСИСТЕМЫ СРЕДНЕГО УРАЛА

V.A. Pochechun, D.A. Babenko

BIOGEOCHEMICAL BALANCE OF NATURAL-TECHNOGENIC GEOSYSTEMS MIDDLE URALS

УДК: 502.2; 622; 504.5

В работе рассмотрен один из механизмов, обеспечивающих устойчивость природно-техногенной геосистемы, находящейся под воздействием горно-металлургического комплекса Среднего Урала – биогеохимический баланс загрязняющих веществ. Биогеохимический баланс – это приток загрязняющих веществ в геосистему и вынос их из неё, что позволяет дать оценку устойчивости всей геосистемы в целом так и отдельных ее компонентов.

Ключевые слова: органические вещества, экосистема, обмен веществ, технический прогресс.

The paper considers one of the mechanisms that ensure the sustainability of natural-technogenic geosystems, under the influence of mining-metallurgical complex of the Middle Urals – biogeochemical balance of pollutants. Biogeochemical balance is the introduction of contaminants into the geosystem and carry them out, it's possible to assess the sustainability of the whole biological system in whole and its separate components.

Key words: organic matter, ecosystem metabolism, and technical progress.

В настоящее время, как никогда прежде, ощущается глубокое противоречие между требованиями технического прогресса и необходимостью сохранения природной среды. Естественные природные ресурсы ограничены, а неразумная их эксплуатация и урбанизация ведут к нарушению биологического равновесия. Эта глобальная проблема принадлежит разделу экологии, изучающему условия стабильного существования и саморегулирования открытых систем и содержащему задачи об их устойчивости и самоорганизации. Предметом изучения экологии является биотическая составляющая литосферы, имеющая большое число растительных сообществ, существующих в пространстве и времени в виде экосистем. В результате взаимодействия с внешней средой элементы экосистемы развиваются, видоизменяются, прогрессируют и деградируют по механизму открытых нелинейных сред неорганической природы [1]. Обратные связи в открытых экосистемах управляют их жизненными процессами, превращая их в аддитивные.

Специфическим выражением сущности экосистем, позволяющим определить внутренние причины, основу их динамики и развития, выявить значение в их формировании внешних условий, являются про-

цессы образования и разрушения органического вещества, протекающие в рамках биохимического цикла их функционирования.

Под биогеохимическим круговоротом понимается вся совокупность процессов обмена веществ между биотическими и абиотическими компонентами экосистем. Основные потоки движения органического вещества в процессе биогеохимического круговорота в экосистемах можно представить в виде балансового уравнения за какой-либо отрезок времени:

$$\Delta F = F_{\text{нф}} - F_{\text{кф}} = F_{\text{ос}} - F_{\text{тр}} + F_{\text{п}} + F_{\text{с}} + F_{\text{ж}} \pm F_{\text{в}} \pm F_{\text{а}},$$

где $F_{\text{нф}}$ и $F_{\text{кф}}$ – соответственно начальное и конечное количество органического вещества, образовавшееся в геосистеме в результате фотосинтеза;

ΔF – коэффициент эффективности биогеохимического цикла;

$F_{\text{ос}}$ – поступление химических элементов с осадками;

$F_{\text{тр}}$ – вынос химических элементов с транспирацией;

$F_{\text{п}}$ – переход химических элементов из опада и опада в почву и поступление элементов питания в растения;

$F_{\text{с}}$ – вынос или поступление органического вещества с поверхностным, внутрипочвенным и подземным стоком;

$F_{\text{ж}}$ – потребление химических элементов животными при поедании растений или поступление химических элементов в почву с трупами животных или их экскрементами и другими выделениями;

$F_{\text{в}}$ – вынос или поступление органического вещества с воздушными массами;

$F_{\text{а}}$ – антропогенное внесение или изъятие органического вещества.

Следует отметить, что отличительная особенность вещественно-энергетических круговоротов и балансов природной среды – высокая степень их замкнутости и сбалансированности, в то время как деятельность человека ($F_{\text{а}}$) ведет к разомкнутости и, следовательно, к неустойчивости экосистем. Нарушения замкнутости как локальных экосистем, так и глобальных циклов приводят к серьезным геоэкологическим проблемам.

В работе представлен расчет биогеохимического баланса загрязняющих веществ природно-техногенной геосистемы Среднего Урала, выполненный на основе экологического мониторинга за состоянием компонентов окружающей среды и технолого-геохимического баланса металлов в горно-металлургическом комплексе, который рассматривает расход и накопление загрязняющих веществ в техногенной системе [2].

Технолого-геохимический баланс элемента в горно-обогатительном производстве представлен следующим уравнением [2]:

$$V_{г.м.} * C_i + V_p * C_i + V_{п.в.} * C_i + V_{р.в.} * C_i = (V_{с.п.} * C_i + V_{п.от.} * C_i + V_{др.в.} * C_i) + (V_{об.} * C_i + V_{щ.б.} * C_i) + (V_{хвостов.} * C_i + V_{пыл.} * C_i + V_{др.в.} * C_i) + V_{пыл.об.} * C_i + (V_{шлама} * C_i + V_{сточ.вод.} * C_i),$$

где $V_{г.м.}$ – объем выработанной горной массы; V_p – объем рудной массы; $V_{п.в.}$ – объем пылевых выбросов при разработке; $V_{р.в.}$ – объем рудничного водоотлива; $V_{с.п.}$ – объем складированных пород в отвал; $V_{п.от.}$ – объем пыления с отвалов; $V_{др.в.}$ – объем откачанных дренажных вод; $V_{об.}$ – объем произведенного продукта обогащения (концентрата); $V_{щ.б.}$ – объем побочных продуктов, например щебня; $V_{пыл.}$ – объем пылевых выбросов с хвостохранилища; $V_{др.в.}$ – объем дренажных вод с хвостохранилища; $V_{пыл.об.}$ – объем пылевых выбросов с обогатительной фабрики; $V_{шлама}$ – объем шлама, образовавшегося на очистных сооружениях; $V_{сточ.вод.}$ – объем сточных вод, попадающих в гидрографическую сеть; C_i – содержание i -го компонента; в металлургическом производстве – следующим уравнением:

$$V_{шл.от.} * V_{сырья} * C_i + V_{доб.} * C_i = V_{металла} * C_i + V_{у.пыл.} * C_i + V_{пыл.выб.} * C_i + V_{ст.в.} * C_i + V_{в.мигр.} * C_i + V_{пыл.р.} * C_i,$$

где $V_{сырья}$ – объем используемого сырья; $V_{доб.}$ – объем используемых добавок; $V_{металла}$ – объем выпуска металла; $V_{пыл.выб.}$ – объем пылевых выбросов; $V_{у.пыл.}$ – объем уловленной пыли системой газоочистки и вывезенной на шламохранилище; $V_{ст.в.}$ – объем сточных вод в металлургическом производстве; $V_{шл.от.}$ – объем складированных шлаков; $V_{пыл.р.}$ – объем пылевого рассеяния от шлаковых отвалов; $V_{в.мигр.}$ – объем водной миграции от шламохранилища; C_i – содержание i -го компонента.

Представленные балансовые уравнения содержат учтенные и неучтенные источники загрязнения окружающей среды. Учтенные источники учитываются в отчетах предприятия, а регламентирующие дозы внесения в окружающую среду загрязняющего вещества определяются при разработках ПДС и ПДВ. Неучтенные источники – пыление с отвалов и хвостохранилищ, поступление из них сточных вод в подземные и поверхностные воды [2].

Биогеохимический баланс учитывает объемы накопления загрязняющих элементов во всех ком-

понентах окружающей среды: снежном покрове, почвах, почвообразующем горизонте, природных водах, растительности и живых организмах.

Исходя из определения В.М. Гольдшмидта, биогеохимический баланс – баланс между массой химических элементов, поступивших в компоненты природной среды (атмосферный воздух, снежный покров, почвы, почвообразующий горизонт, растительность, биоту) в результате воздействия техногенного фактора (выбросы, сбросы, отвалы), и массой химических элементов, находящихся в водном объекте.

На основании концентраций, полученных в ходе полевых исследований и лабораторных работ [3,4], приведем расчет биогеохимического баланса (БГБ) загрязняющих веществ, аккумулирующихся на водосборной территории, находящейся под воздействием предприятий горно-металлургического комплекса (табл. 1) по формуле:

$$БГБ_i = V_{в.а.} + V_{с.р.} + V_{о.о.} + V_i * V_{о.н.i} - V_{в.в.} * C_{в.в.},$$

где i – компонент окружающей среды;

$V_{в.а.}$ – среднегодовые выбросы металлов в атмосферу, мг/дм³;

$V_{с.р.}$ – среднегодовые сбросы металлов в реки, мг/дм³;

$V_{о.о.}$ – объем складированных отходов в отвалах, мг/дм³;

V_i – объем пробы компонента окружающей среды, дм³;

C_i – средняя концентрация загрязняющего элемента в компоненте окружающей среды, мг/дм³;

$V_{в.в.}$ – объем пробы поверхностных вод, дм³;

$C_{в.в.}$ – средняя концентрация загрязняющего элемента в поверхностных водах, мг/дм³.

Таблица 1 – Среднегодовой биогеохимический баланс, Кировградский промузел

Элементы	Компоненты природной среды					Сумма Σ, т/год
	Снежный покров, %	Почвы, %	Почвообразующий горизонт, %	Растения, %	Насекомые, %	
Cu	1,14	2,59	1,79	3,8	90,68	102822,05
Zn	1,26	1,8	0,96	30,6	65,33	148055,79
As		3,63	1,98	94,39		4199,13
Cd		5,09	4,06	84,55		539,78
Pb	16,9	12,56	3,38	29,8	37,33	6399,57

Таблица 2 – Среднегодовой биогеохимический баланс, Первоуральско-Ревдинский промузел

Элементы	Компоненты природной среды				
	Снежный покров, %	Почвы, %	Растения, %	Подземная вода, %	СуммаΣ, т/год
Cu	6,67	2,8	45,14	0,003	12307,71
Zn	0,87	0,48	48,5	5,3	76725,71
As	33,89			2,7	301,28
Cd	5,81				2420,29
Pb	5,63	2	88,9		13654,85

Таблица 3 – Среднегодовой биогеохимический баланс, шлаковые отвалы ОАО «НТМК», Нижнетагильский промузел

Элементы	Компоненты природной среды			СуммаΣ, т/год
	Снежный покров, %	Почвы, %	Почвообразующий горизонт, %	
Mn	35,80	59,51	4,69	443,27
V	25,64	62,1	12,27	301,66

Анализ таблиц 1-3 показывает, что при воздействии предприятий ГМК на окружающую среду наибольшая часть загрязняющих веществ депонируется в биоте, где процент их накопления в несколько десятков выше, чем в абиотических компонентах.

Таким образом, расчет биогеохимического баланса показал, что наряду с интенсивным техногенным накоплением загрязняющих элементов в компонентах природно-техногенной геосистемы происходит и интенсивный вынос этих элементов из системы, поэтому, казалось бы, данная геосистема должна быть устойчива к техногенному воздействию. Однако не из всех компонентов геосистемы идет вынос загрязняющих элементов, или техногенная нагрузка и миграция загрязняющих элементов настолько интенсивны, что компоненты природно-техногенной геосистемы просто не успевают «разгрузиться». Это касается биоты: гумусового слоя почвы, растительности и живых организмов, где вещества накапливаются, что, несомненно, должно привести к нарушению устойчивости геосистемы.

Литература

1. Кондратьев К.Я. Аэрокосмические методы исследования почв и растительности / К.Я. Кондратьев, В.В. Козодеров, П.П. Федченко. Л: Гидрометеиздат, 1986 - 232 с.
2. Семячков А.И. Металлы в окружающей среде горно-металлургических комплексов Урала: Научное издание. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2001. – 320 с.
3. Семячков А.И., Фоминых А.А., Почечун В.А. Мониторинг и защита окружающей среды железорудных горно-металлургических комплексов. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2008. – 243 с.
4. Семячков А.И., Парфёнова Л.П., Почечун В.А., Копёнкина О.А. Теория и практика ведения локального экологического мониторинга окружающей среды меднорудных горно-металлургических комплексов. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2008. – 225 с.

Рецензент: д.геол-мин.н., профессор Семячков А.И.