

УДК 502

М. Креймер,


к.э.н., доцент СГГА, Новосибирск

## Совершенствование управления природопользованием на основе биогеохимических процессов в экологии

В статье приведен анализ распределения химических элементов и показана их роль в техносфере и биосфере. Представлено различие биогеохимических закономерностей между ними. Обосновано совершенствование управления природопользованием на основе биогеохимических принципов. Подчеркнута новая роль экономики природопользования по управлению биогенной миграцией атомов 3-го рода.

**Ключевые слова:** биогеохимические процессы, интеграция классификаций, управление природопользованием.

Деятельность человека, государства и цивилизации видоизменяется по мере увеличения спектра используемых химических элементов и на их основе создаются новые вещества и технологии. Если использование химических элементов планеты не отличает нас от объектов биосферы, то создание новых технологий и веществ (химических соединений, сплавов), изменяет окружающий мир. Потенциальные биогеохимические возможности человечества представлены в периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева.

Помимо освоения новых периодов, система химических элементов надстраивается экологическими группами. Так в справочнике Дж. Эмсли [1] наряду с физико-химическими характеристиками приведена и экологическая распространенность в природных средах, биологическая роль, геологические запасы и фактические объемы добычи. В докладе рабочей группы Международной комиссии по радиологической защите по условному человеку приведено распределение 51 химического элемента по отдельным органам и тканям [2]. Гео- (97  98) -химические аспекты окружающей среды изложены в двух монографиях в [3] и [4]. В работе [3] рассмотрен химический состав объектов биосферы: литосферы, атмосферы, гидросферы, почвы и растений. В работе [4] – состав используемых и выбрасываемых веществ в окружающую среду по техногенным системам: окружающей среде городов, сельскохозяйственным и горнопромышленным территориям. В учебном издании Г.Г. Шалминой и Я.Б. Новоселова [5] обсуждается необходимость и возможность эколого-геохимической оценки на основе химических элементов для формирования безопасной жизнедеятельности. Деятельность гигиены окружающей среды направлена на контроль по содержанию ингредиентов в среде обитания человека и продуктов питания, при превышении которых должны соблюдаться обязательные технико-экономические мероприятия.

В.И. Вернадский [Цит. по: 6, С. 37] предложил классификацию по 6 группам, учитывая распространенность химических элементов и их доступность для технологического применения. А.В. Бгатов [7] предложил классификацию химических элементов, обосновывающую их этапную роль в

эволюции жизни на Земле. Проведенное нами объединение классификаций В.И. Вернадского и А.В. Бгатова позволило получить новую общую методическую схему по совершенствованию научных основ регулирования биогеохимической деятельности человека как ведущего экологического фактора в биосфере. Подразумевается, что объединение классификации об эволюционных закономерностях и классификации по возможности природопользования позволит совершенствовать управление природопользованием на основе биогеохимических процессов в экологии.

Важным методологическим положением является то, что при решении экологических проблем необходимо руководствоваться биогеохимической классификацией химических элементов, которые для общества в целом являются ступеньками прогресса, а для человека – фактором роста и размножения. В табл. 1 представлена роль химических элементов, с точки зрения ресурсной освоенности и эволюционной функции. Содержательный анализ этой таблицы позволил конкретизировать экологические задачи и сформулировать социально-экономические алгоритмы по их решению.

**Благородные газы** (аргон, гелий, криптон, ксенон, неон). Биогенная роль не определена. Имеют широкое промышленное и медицинское применение. Санитарно-гигиенические нормативы отсутствуют, хотя имеются отдельные исследования о санитарно-токсикологических свойствах. Не установлен биогеохимический круговорот.


**Благородные металлы** (золото, иридий, осмий, палладий, платина, родий, рутений). По классификации А.В. Бгатова золото относится к группе брэйи-элементов, а осмий – к группе агрессивных элементов. Промышленное и медицинское применение имеют отдельные химические элементы. Потенциально токсичными микроэлементами по классификации микроэлементозов являются золото и палладий. Имеются ориентировочно безопасные уровни воздействия на человека в атмосферном воздухе только для платины и рутения. (98  99)

Таблица 1

Классификация элементов для регулирования биогеохимической деятельности

Группа	Благородные газы	Благородные металлы	Циклические элементы	Рассеянные элементы	Сильно радиоактивные элементы	Элементы редких земель
Число элементов	5	7	44	11	7	15
Процент от общего числа элементов (92)	5,44	7,61	47,82	11,95	7,61	16,30
Абсолютная масса элементов в земной коре, т	$10^{14}$	$10^{12}$	$2 \cdot 10^{19}$	$10^{16}$	$10^{15}$	$10^{16}$
Процент от общей массы земной коры	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-6}$	99,8	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-2}$

Перво-элементы			H, C, N, O, P, S			
Макро-элементы			K, Na, Ca, Mg, Cl, Si,			
Эссенциальные микроэлементы			Fe, Cu, Zn, Mn, Cr, Se, Mo, Co, F	I		
Условно эссенциальные микроэлементы			As, Ni, V, Cd, (Pb),	Br, Li		
Брэйн - элементы		Au	Sn, Tl, Te, Ge	Ga		
Нейтральные			Al, Ti, Rb			
Конкуренты			Ba, Sr	Cs		
Агрессивные		Os	Hg, Be, Bi			
Перспективные элементы, определяющие миграцию атомов 3-го рода	He, Ne, Ar, Kr, Xe	Ru, Rh, Pd, Ir, Pt	B, Zr, Ag, Sb, Hf, W, Re	Sc, Rb, Y, Nb, In, Ta,	Po, Rn, Ra, Ac, Th, Pa, U	La, Ge, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu

(99  100)


**Циклические элементы** (азот, алюминий, барий, бериллий, бор, ванадий, висмут, водород, вольфрам, гафний, германий, железо, кадмий, калий, кальций, кислород, кобальт, кремний, магний, марганец, медь, молибден, мышьяк, натрий, никель, олово, рений, ртуть, свинец, селен, сера, серебро, стронций, сурьма, таллий, теллур, титан, углерод, фосфор, фтор, хлор, хром, цинк, цирконий). Это основная группа химических элементов, определяющая состояние биосферы и человека. По А.В. Бгатову, элементы выполняют биогенную роль первоэлементов, макроэлементов, эссенциальных микроэлементов, условно эссенциальных микроэлементов и брэйн-элементов. В число циклических элементов входят абиогенные: нейтральные (алюминий, титан), конкуренты (барий, стронций) и агрессивные (бериллий, висмут, ртуть). В то же время не определена биогенная роль следующих циклических элементов: бор, вольфрам, гафний, рений, серебро, сурьма и цирконий.

По классификации, определяющей микроэлементозы, важнейшими эссенциальными микроэлементами являются: селен, молибден, медь, цинк, хром, марганец, кобальт, железо; условно эссенциальными являются: кремний, мышьяк, ванадий, никель, фтор, бор. К группе токсичных относятся: бериллий, висмут, ртуть, барий, алюминий, кадмий; к группе условно токсичных – таллий, теллур, олово, титан, серебро, вольфрам, цирконий. Не определена роль в образовании микроэлементозов следующих химических элементов: гафния, германия, рения, стронция, сурьмы. При этом следующие химические элементы являются основными каркасными для биосферы: натрий, калий магний, кальций, углерод, водород, кислород, азот, хлор, фосфор, сера.

**Рассеянные элементы** (бром, галлий, индий, иттрий, йод, литий, ниобий, рубидий, скандий, тантал, цезий). Биогенные функции определены для йода – эссенциальный; брома, лития – условно эссенциальные; галлия – брэйн-элемент; рубидия – нейтральный. Для цезия, индия, иттрия, скандия, тантала и ниобия не определена биогенная роль и не установлена роль образования микроэлементозов.

Практически для всех циклических и рассеянных элементов изучены санитарно-токсикологические свойства и имеются санитарно-гигиенические нормативы. В соответствии с этими регламентами осуществляют использование природных ресурсов, организацию малоотходной технологии и мероприятия по охране окружающей среды.

**Сильно радиоактивные элементы** (актиний, полоний, протактиний, радий, радон, торий, уран). Для этих химических элементов не определена в полной мере биогенная функция и роль в образовании микроэлементозов. Практически для всех элементов этой группы имеются сведения о санитарно-токсикологических свойствах, имеются нормативы для радиоактивных веществ, но отсутствуют санитарно-гигиенические нормативы для химических соединений.

**Элементы редких земель** (гадолиний, гольмий, диспрозий, европий, иттербий, лантан, лютеций, неодим, празеодим, прометий, самарий, тербий, тулий, церий, эрбий). Для этих химических элементов не определена биогенная функция и (100  101) роль в образовании микроэлементозов. Практически для всех элементов этой группы имеются неполные сведения о санитарно-токсикологических свойствах и отсутствуют санитарно-гигиенические нормативы.

**Элементы, не вошедшие в классификацию В.И. Вернадского** (америций, астат, берклий, калифорний, кюрий, лоуренсий, менделевий, нептуний, нильсборий, нобелий, плутоний, технеций, фермий, франций, эйнштейний). Преимущественно характеризуются очень редкой встречаемостью или искусственным образованием. Для некоторых химических элементов (астат, плутоний, технеций) изучены токсические свойства.

Каждый химический элемент формирует самостоятельный предмет исследования, а некоторая их группа – объект исследования. В совокупности они образуют область дисциплины и вид деятельности – экологию и природопользование.

Наряду с анализом геохимических групп в аспекте биогенной роли, приведенной в табл. 1, нами было рассмотрено биогеохимическое различие между биосферой и техносферой [8, С. 188–192]. В качестве методического приема использована работа В.И. Вернадского о материально-вещественном отличии живых естественных тел биосферы от ее косных естественных тел [9, С. 70–77]. В ней В.И. Вернадский привел сравнение косных и живых естественных тел по 16 признакам, отражающих миграцию атомов 1-го и 2-го рода. Наше дополнение включает миграцию атомов 3-го рода.





Анализ приведенных 16 отличий (табл. 2) позволяет сделать следующие выводы об экологии и природопользовании в технико-экономической системе. (101  102)

Таблица 2

Биогеохимическое различие биосферы и техносферы

Биосфера	Техносфера
1. Преимущественно используются первозлементы (водород, углерод, кислород, азот, сера, фосфор), частично макроэлементы (калий, натрий, кальций, магний, хлор, кремний)	1. Использование и контроль не только циклических элементов, но и создание технологии по использованию рассеянных, редких и радиоактивных
2. Химические вещества используются для роста и размножения	2. Новые химические вещества используются для создания средств производства, обеспечивающих экстенсивный рост населения и развитие цивилизации
3. Естественный отбор. Число рождающихся организмов каждого вида больше, чем возможности пропитания территории. Конкуренция и выживание наиболее приспособившихся обуславливают оптимизацию биоразнообразия. Численность особей не увеличивается	3. Социальная солидарность. Защита материнства и детства, консолидированная помощь инвалидам и пенсионерам обуславливают наличие в обществе населения с медицинскими ограничениями к трудовой деятельности и низкой социальной активностью. Численность населения увеличивается (101  102)
4. Используемые первозлементы являются продуктами питания (электролиты). Используемые макроэлементы и эссенциальные микроэлементы находятся в окружающей среде в биологическом оптимуме. Отсутствие перво- и макроэлементов на отдельных территориях ограничивает существование флоры и фауны	4. Человек производит, применяет и выбрасывает в окружающую среду химические вещества, не пригодные для питания растений, отдельных насекомых и животных. Тем самым трофические циклы не образуются. Для сохранения здоровья человека разрабатываются санитарно-гигиенические нормативы для всех веществ и создается санитарно-техническое оборудование (газопылеочистка, очистка сточных вод)
5. Отходы жизнедеятельности не образуются, а являются продуктами питания и специфического потребления другими представителями сообщества	5. Отходы жизнедеятельности человека не могут использоваться другими представителями из-за химической, биологической и радиационной опасности, поэтому уничтожаются. Отходы производства образуются: – при добыче одного химического элемента из руд, обогащении и физико-химическом рафинировании; – при сжигании органического топлива содержащего различные химические элементы, которые с золой уноса и шлаком загрязняют окружающую среду; – использование изделий приводит к образованию твердых бытовых и промышленных отходов и захоронению на

	специальных полигонах
6. Не все рассеянные и редкие элементы в биосфере играют известную существенную роль в экологических циклах	6. Роль редких и рассеянных химических элементов как спутников жизнедеятельности человека возрастает по мере расширения техногенеза. Редкие и рассеянные элементы могут нести новые биологические свойства для организма человека и менять социальные аспекты поведения человека в обществе. Из-за своей малой естественной распространенности в окружающей среде химических элементов 3-го рода необходимо совершенствование принципов санитарной стандартизации и гигиенического нормирования (102  103)
7. Стихийная концентрация редких и рассеянных элементов приводит к гибели объектов биосферы	7. Наличие геохимических аномалий является благоприятным условием экономического и социального процветания популяции людей. Привлечение агрономических методов приводит к созданию искусственных барьеров на пути токсического действия высоких концентраций элементов 3-го рода
8. Известны и описаны биогеохимические циклы для углерода, азота, кислорода, серы, фосфора	8. Новые и видоизмененные биогеохимические циклы по отдельным группам химических элементов могут предопределять эволюцию общественно-экономических формаций. Возможность вовлечения элементов 3-го рода в техногенную деятельность детерминирует формирование новых экономических условий жизни
9. Круговорот химических элементов происходит автономно друг от друга	9. Круговорот одних химических элементов является экономическим фактором для организации круговорота других химических элементов
10. Биосфера обеспечивает очистку атмосферного воздуха и воды водоемов перед использованием их компонентов объектами флоры и фауны	10. Государство не имеет технико-экономических возможностей общепланетарной очистки атмосферного воздуха и воды водоемов. Человек является вторичным пользователем воды водоемов и атмосферного воздуха после объектов биосферы
11. Биогеохимические циклы, трофические цепи и метаболизм организмов не образуют «тупиковых» циклов круговорота химических элементов и их соединений в окружающей среде	11. В результате промышленной деятельности образуются отходы, которые захораниваются от дальнейшего участия в биогеохимических процессах

<p>12. Биологические формы жизни на Земле адекватны природно-климатическим условиям и биогеохимическим особенностям территории, поэтому распространение форм жизни на Земле ограничено</p>	<p>12. Практически вся поверхность суши и дна морей и океанов содержит скопления химических соединений, которые при соответствующем развитии технологии, становятся полезными ископаемыми. В результате этого вся территория Земли становится техносферой и временным или постоянным местом проживания человека (103  104)</p>
<p>13. Биосферные процессы с учетом естественного отбора и природно-климатических ограничений обеспечивают устойчивое развитие. Продолжительность устойчивого развития на Земле определяется геологическими и солнечно-земными связями</p>	<p>13. Устойчивое развитие возможно в интересах одного государства за счет других государств посредством перераспределения вещества и энергии. Продолжительность устойчивого развития определяется социально-экономической терпимостью населения стран-доноров.</p>
<p>14. Для устойчивого развития биосферы концентрация химических элементов должна находиться в физиологическом оптимуме</p>	<p>14. Для устойчивого развития общества концентрация химических элементов должна находиться выше уровня рентабельной технологии и (или) ниже санитарно-гигиенических нормативов</p>
<p>15. Нет необходимости экономических отношений, так как творящее существо гибнет, если нарушает физико-химические закономерности</p>	<p>15. Человек творчески подходит к физико-химическим процессам и становится единоличным собственником продукции, производства, цены, политики, предавая этому свое экономическое объяснение</p>
<p>16. Для изучения геохимических аспектов биосферы применимы алгоритмы, предложенные Ю. Одумом с дополнением специфической трансформации атомов 1-го и 2-го рода [10]:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) потоки энергии преимущественного внешнего источника</li> <li>2) пищевые цепи в виде миграций атомов 1-го и 2-го рода</li> <li>3) структура пространственно-временного разнообразия, определяемая экологическими факторами</li> <li>4) круговороты питательных элементов (биогеохимические круговороты)</li> <li>5) развитие и эволюция и</li> <li>6) управление (кибернетика)</li> </ol>	<p>16. Для регулирования биогеохимической деятельности человека целесообразно воспользоваться алгоритмами Ю. Одума с дополнением специфической трансформации атомов 3-го рода [10]:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) потоки энергии преимущественного внутреннего источника</li> <li>2) пищевые цепи для человека по критерию безопасности и качества, наряду с ними технологические цепи по миграции атомов 3-го рода</li> <li>3) структура пространственно-временного разнообразия, наряду с ограничениями по экологическим факторам, расширяется благодаря экономическим возможностям</li> <li>4) круговороты питательных и промышленных элементов (биогеохимические круговороты)</li> <li>5) развитие и эволюция полноценно здорового человеческого общества</li> <li>6) управление в обществе на основе известных параметров токсикометрии</li> </ol>

(104  105)

Не только рост использования в количественном отношении, но и расширение перечня химических элементов свидетельствуют о появлении новой формы миграции атомов 3-го рода и зависимости будущих алгоритмов

управления системой «человек и биосфера» от теоретических основ регулирования биогеохимической деятельности по критерию сохранения биосферы и здоровья человека. Роль химических элементов 3-го рода изучена мало [11, С. 37–75], хотя, по нашему мнению эта классификация определяет содержание экологической политики государства.

Классическое содержание экологии, токсикологии, гигиены, учения о микроэлементах, профессиональных заболеваниях, отдаленных последствиях в онтогенезе в настоящее время нуждается в интеграции на основе знаний о биогеохимической миграции атомов 3-го рода и алгоритмах принятия управленческих решений, отличающихся от известных для атомов 2-го рода.

В геологическое время возникла система биогеохимических циклов химических элементов, характеризующихся различной скоростью и участием в эволюции биосферы. В историческое время была интенсифицирована система биогеохимических циклов химических элементов 1-го и 2-го рода. С технизацией общества интенсифицируется система биогеохимических циклов элементов 3-го рода.

Миграция атомов 1-го и 2-го рода, интенсифицированная человеком, имеет общие биогеохимические закономерности с биосферой. Миграция атомов 3-го рода будет существенно отличаться от известных в биосфере и этим самым формировать новый перечень экологических проблем.

Рассмотренные биогеохимические процессы определяют предмет управления природопользованием в границах установленных экологических закономерностей. Знание пределов природных процессов, представляемых в виде экологического районирования, в некоторых случаях не согласовывается с границами, установление которых предусмотрено российскими кодексами (водный, лесной, градостроительный и пр.).


Территориальная привязка объектов хозяйственной деятельности человека осуществляется как экологическая и кадастровая процедура. Биосферосовместимость хозяйственной деятельности должна проводиться с учетом известных биогеохимических процессов, сформировавшихся в геологическое время, и процессов, получивших развитие в историческое время. В табл. 3 приведены научные основы по совершенствованию механизмов техносферы на основе биогеохимических принципов. Модели согласования на основе миграции атомов 1-го и 2-го рода существенно отличаются от миграции атомов 3-го рода. В историческое время увеличилась техногенная миграция атомов 1-го и 2-го рода, что привело к изменению структуры биологического разнообразия с доминированием человека, сельскохозяйственных растений и животных. (105  106)

Таблица 3

Совершенствование природопользования на основе биогеохимических принципов

Время и механизмы	Биогеохимические принципы В.И. Вернадского		
	1	2	3
Геологическое	Биогенная миграция атомов химических	Эволюция видов в ходе геологического	С криптозооя, заселение планеты должно было быть



	элементов в биосфере всегда стремится к максимальному своему проявлению	времени, приводящая к созданию форм жизни устойчивых в биосфере, идет в направлении, увеличивающем биогенную миграцию атомов биосферы	максимально возможное для всего живого вещества, которое тогда существовало
Историческое	Техногенная миграция атомов регулируется человеком	Техногенная миграция атомов приводит к нарушению экологических закономерностей в биосфере	Изменяется структура биологического разнообразия с доминированием человека, сельскохозяйственных растений и животных
Миграция атомов	Содержание экономики природопользования		
1-го и 2-го рода	Создание технических средств снижения загрязнения окружающей среды	Районирование природопользования по экологическим, антропогенным и техногенным интересам	Регулирование численности населения и экономической деятельности в отдельных природных комплексах
3-го рода	1) разработка систем инженерного регулирования процессов перехода химических элементов из одного цикла в другой 2) обоснование уровня технико-экономических затрат на регулирование биогеохимическими циклами в техносфере	3) изучение порогов, при которых возможны переходы химических элементов между природными, техногенными и антропогенными циклами 4) снижение опасности химических элементов за счет изменения физико-химических свойств и перевод в инертные вещества	5) нормирование предельно допустимого содержания химических элементов 3-го рода в объектах окружающей среды с учетом отдаленных последствий и специфических функций в организме человека


(106  107)

Биосферосовместимость для химических элементов 1-го и 2-го рода практически достигнута за счет технических решений и экономических расходов, благодаря которым не нарушаются состояние здоровья человека и биологическое разнообразие биосферы. Устойчивость биосферы обусловлена биологическим разнообразием, число показателей которых значительно превышает возможность построения экономико-математических моделей. Показатели состояния здоровья человека также многогранны и дифференцированы, как гигиенические, медицинские, социальные и пр. В обществе они представлены в виде государственных институтов, обеспечивающих социальную защищенность населения. Экономические расходы могут быть направлены только на регулирование той части циклов, которая является материальным производством. Экономическое регулирование

природными процессами маловероятно, или они могут осуществляться в очень короткий отрезок времени, после чего наступает экологический кризис. Все государства мира едва ли обладают такой суммой финансовых средств.

Для управления биогенной миграцией атомов 3-го рода необходимо новое содержание экономики природопользования. Определяющую роль должны играть не объемы вовлеченных в хозяйственный оборот химических соединений, а физико-химические свойства веществ, которые могут изменить биологическое разнообразие, неустойчивое в экосистеме. Это может привести к эволюции биосферы в поисках устойчивости и образованию биогеохимических процессов, представляющих опасность для здоровья человека.

### Библиографический список

1. Эмсли Дж. Элементы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1993. – 256 с.
2. Человек. Медико-биологические данные. Публикация № 23 Международной комиссии по радиологической защите. / Коллектив авторов. Пер. с англ. – М.: Медицина, 1977. – 496 с.
3. Белоус А.А., Грабовская Л.И., Тихонова Н.В. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1976. – 248 с.
4. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
5. Шалмина Г.Г., Новоселов Я.Б. Безопасность жизнедеятельности Эколого-геохимическая и эколого-биохимическая основы: учебное издание. – Новосибирск: Сибирская академия государственной службы, Новосибирская государственная медицинская академия, Сибирская государственная геодезическая академия, 2002. – 433 с.
6. Перельман А.И. Геохимия. – М.: Высш. шк. – 1989. – 528 с.
7. Бгатов А.В. Биогенная классификация химических элементов // Философия науки. – 1999 – № 2(6). – С. 80 – 90.
8. Креймер М.А. Биогеохимическое различие биосферы и техногенеза как основа экономики природопользования // ГЕО—Сибирь —2009. Т. 3. Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью. Ч. 1: сб. матер. V Междунар. научн. конгресса «ГЕО—Сибирь—2009», 20—24 апреля 2009г., Новосибирск: СГГА, 2009. – 251 с.
9. Проблемы биогеохимии. В.И. Вернадский. М.: Наука, 1980 г. – 320 с. (107  108)
10. Одум Ю. Основы экологии / пер с англ.; изд. под ред. и предисл. д-ра биол. наук Н.П. Наумова. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
11. Янин Е.П. Экологическая геохимия и проблемы биогенной миграции химических элементов 3-го рода // Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы. – М.: Наука, 2003.

Получено 12.08.2011

© М.А. Креймер, 2011

Опубликовано:

Вестник СГГА (Сибирская государственная геодезическая академия). – 2011. – № 2 (15). – С. 97 – 108.

Цитирование:

Креймер М.А. Совершенствование управления природопользованием на основе биогеохимических процессов в экологии // Вестник СГГА. – 2011. – № 2 (15). – С. 97 – 108.

Станицы первоисточника (97  108)