

В. А. АЛЕКСЕЕНКО

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАКОПЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВ

*Научно-исследовательский институт геохимии биосферы Южного Федерального университета; Морской государственный университет; г. Новороссийск, Россия  
vl.al.alekseenko@gmail.com*

подавляющему большинству исследователей приходится оценивать эколого-геохимическое состояние не всей биосферы в целом, а только ее отдельных частей. Размеры таких частей определяются поставленной задачей и должны выполняться в соответствующем ей масштабе. Проводить самые разнообразные исследования в пределах биосферы целесообразно на ландшафтно-геохимической основе.

Среди ряда видов оценки эколого-геохимического состояния отдельных участков биосферы необходимо выделить такие важнейшие, как **качественная, количественная и экономическая**. Все они могут проводиться в разных масштабах в соответствии с поставленной задачей. Однако сразу же необходимо отметить, что качественная оценка должна предшествовать количественной и экономической. Экономическая оценка может проводиться как после качественной, так и после количественной.

Любые из перечисленных видов оценки состояния отдельных участков биосферы *всегда представляют собой эколого-геохимическую оценку изменений, происшедших под суммарным воздействием очень многих процессов за все предшествующее время.*

**Количественная оценка** эколого-геохимического состояния изучаемых районов должна *показать особенности распространенности и распределения интересующих нас конкретных веществ (отдельные химические элементы или их определенные соединения) в рассматриваемых геохимических системах.*

Давая оценку эколого-геохимического состояния отдельных участков биосферы (т. е. отдельных геохимических ландшафтов или их каких-либо совокупностей), мы всегда сравниваем их с каким-то эталоном (репером). Таким репером обычно *в зависимости от масштаба работ служат различные нормирующие показатели, кларковые и фоновые содержания.*

Для проведения такой оценки автором в 1981, 1997 были введены в практику новые показатели: *показатель абсолютного накопления* (ПАН) и *показатель относительного накопления* (ПОН).

*Показатель абсолютного накопления* (ПАН) показывает, какая масса определенного химического элемента (или его соединения) накопилась (вынеслась) в оцениваемой части геохимического ландшафта по сравнению с каким-либо эталонным содержанием этого вещества на единице площади. Оцениваемой частью ландшафта могут быть определенные виды растительности, вся растительность, поверхностные и подземные воды и почвы и т.д. Рассматриваемый показатель может (и должен) использоваться не только при оценке определенных территорий, но и при оценке конкретных процессов, приводящих к каким-нибудь эколого-геохимическим изменениям.

*Показатель относительного накопления* (ПОН) представляет собой отношение массы элемента (его соединения), накопившегося (вынесенного) в результате интересующих нас процессов в определенной части геохимической системы к определенному нормирующему показателю, кларку, фоновому содержанию и т.д. Следовательно, 
$$\text{ПОН} = \frac{\text{ПАН}}{C_{\text{кларковое (фоновое и т.д.)}}}$$

По значениям величины ПОН элементы (их соединения) ранжируются по эколого-геохимической значимости происходящих процессов в зависимости от принятых эталонов.

Оценивать эколого-геохимическое состояние всех составных частей геохимического ландшафта (поверхностных и подземных вод, приземной атмосферы, разнообразных растительных и животных организмов и т.д.) к настоящему времени практически невозможно. Поэтому для получения наиболее объективной информации обычно оценивают **состояние почв**. Они являются биокосной депонирующей средой, сохраняющей на сравнительно продолжительное время сведения о происходящих эколого-геохимических изменениях. Проведенные ранее исследования показали, что основные изменения происходят в верхнем гумусовом горизонте, являющимся «геохимическим центром почв» [4]. Также было установлено, что изменение распространенности веществ равное  $1 \cdot 10^{-3}\%$  вызывает увеличение (уменьшение) их содержания в верхнем 30 см слое на величину практически равную  $6 \text{ т/км}^2$ .

Данное сообщение базируется на результатах анализов нескольких десятков тысяч проб почв, отобранных из верхнего горизонта при проведении специальных разномасштабных ландшафтно-геохимических исследований (от 1:500 000 до 1:10 000). Опробованию подвергались степи, леса, сельскохозяйственные, городские и промышленные ландшафты. Внутренний и внешний контроль отбора проб и их анализов в количестве от 3 до 5 % показал хорошую и удовлетворительную сходимость результатов [1].

Рассмотрим несколько примеров использования показателей накопления для количественной оценки территорий. В почвах одного из крупных сельскохозяйственных ландшафтов Ростовской области содержания ряда химических элементов, оказывающих весьма значительное влияние на развитие растительных и животных организмов, отличаются от их кларков для почв [3], к которым организмы привыкли за долгий период их эволюционного развития [2]. Превышение количеств металлов, установленное по расчетам ПАН, имеет следующий вид:  $\text{Cu}(18) > \text{Pb}(9,6) > \text{Zn}(6) > \text{Co}(5,4)$  (здесь и далее при оценке ПАН в скобках указано количество вещества в  $\text{т/км}^2$  в верхнем 30 см слое почв). Уменьшение количества элементов, из числа рассматриваемых, характерно для  $\text{Mn}(-102) > \text{Cr}(-64) > \text{Mo}(-0,6)$ . Приведенные данные (необходимые для принятия конкретных мер по улучшению состава почв) указывают на то, что в наибольших количествах, установленных в  $\text{т/км}^2$ , превышают их обычные количества для почв Земли Cu и Pb. При этом количество накопившейся Cu почти в 2 раза больше, чем Pb. Однако по величинам ПОН (т.е. по эколого-геохимическому ранжированию значимости), выстраивается следующий ряд  $\text{Pb} > \text{Cu} > \text{Co} > \text{Zn}$ . Таким образом, первоочередной должна быть нейтрализация влияния повышенных количеств в почвах Pb.

В почвах рассматриваемого ландшафта, по сравнению с почвами Земли, количество  $\text{Mn}(-102 \text{ т/км}^2)$  в 170 раз меньше, чем Mo. Используя ряд, установленный по значениям ПОН ( $\text{Cr} > \text{Mo} > \text{Mn}$ ) можно считать, что для улучшения состава почв необходимо первоочередное

внесение в почвы Cr и Mo, а не Mn. О количестве вносимых микроудобрений дает сведения ПАН.

Довольно конкретные данные об экологической обстановке в городах также можно получить, используя показатели накопления элементов в почвах. Рассмотрим это на примере курортов Краснодарского края горного (Горячий Ключ) и приморского (Б. Сочи). Сравнение геохимических особенностей почв Большого Сочи с кларками почв Земли показывает, что в первых повышены количества  $Ti(909) > P(372) > Ba(312) > Mn(308) > Zn(213) > Sr(50) > V(44) > Pb(38) > Cu(31) > Li(16) > Co(8,6) > Ni(5,5) > Mo(0,7)$ . В тоже время в почвах Большого Сочи в пониженных количествах находятся, по сравнению с кларком почв Земли,  $Cr(-57) > Ga(-6,8) > Sn(-2,5) > Ag(-0,13)$ .

Расчеты ПОН показали, что из всех вышеперечисленных элементов наибольшее эколого-геохимическое влияние могут оказывать повышенные количества Zn, Pb, Cu, Co и пониженные Cr, Ag, Sn.

В почвах Горячего Ключа, по сравнению с кларками почв Земли, в повышенных количествах содержатся  $Ti(527) > Ba(446) > P(284) > Mn(132) > Zn(86) > Pb(24) > V(20) > Cu(19) > Li(15) > Co(7,6) > Ni(5,5) > Mo(0,2)$ , а в пониженных –  $Cr(-55) > Ga(-6) > Sn(-2,4) > Ag(-0,2)$ . Из перечисленных элементов эколого-геохимическое воздействие повышенных концентраций наиболее вероятно для Pb, Zn, Co, Ba, а пониженных - Ag, Ga, Cr.

Таким образом, хотя в почвах рассмотренных курортов преобладают в количествах до  $900 \text{ т/км}^2$  Ti, Ba, P, Mn, наибольшее эколого-геохимическое влияние на организмы могут оказать повышенные содержания Pb, Zn, Co и Ba и пониженные Ag, Cr, Ga и Sn. Полученные данные позволяют рекомендовать для улучшения эколого-геохимической обстановки обратить в первую очередь внимание на перечисленные элементы, а не на находящиеся в значительно повышенных количествах Ti, Ba, P, Mn.

Среди многочисленных примеров возможного применения показателей накопления элементов рассмотрим их использование для оценки изменений геохимического облика почв г. Новороссийска (по сравнению с почвами окружающих лесных ландшафтов) в 1981, 1991 и 2005 гг.

Для ряда химических элементов отмечено постоянное возрастание их количества в почвах. Наибольшей величины оно достигло для Ba(+546) и Sr(+345). В меньших количествах произошло накопление Zn(+117,6) и Ag(+0,18). Для Pb и Sn накопление в почвах города неравномерно возрастало, но постоянно было большим, чем в исходных почвах лесов. У Pb максимальное количество превышало содержание в лесных почвах на  $33,6 \text{ т/км}^2$ , а у Sn  $3,5 \text{ т/км}^2$ . У большой группы элементов (Co, Cr, Ga, Mn, Mo, Ni, Ti и V) содержание в почвах города неравномерно изменялось, но было постоянно меньшим, чем в исходных почвах. Так уменьшение количества Co в городских почвах, по сравнению с лесными, составило в 1981 г – 7,6, а в 2005 г – 1,8 (все в  $\text{т/км}^2$  в верхнем 30 см горизонте).

Оценить влияние процессов миграции-концентрации элементов, происходящих в почвах города с экологической точки зрения можно, используя результаты расчета показателей относительного накопления (ПОН).

Ряд накопления элементов (по данным опробования 2005 года), оказывающих наибольшее влияние на экологическое состояние почв города, построенный по результатам расчета ПОН относительно исходных лесных почв, выглядит следующим образом:



Таким образом, наибольшее влияние на живые организмы в пределах г. Новороссийска могут оказать накапливающиеся в почвах серебро, стронций и свинец. О их количестве, превосходящем количество в лесных почвах, можно судить по соответствующим величинам ПАН Ag(0,18), Sr(345), Pb(33,6) – все в  $\text{т/км}^2$ .

Приведенная информация, даже только о некоторых случаях применения показателей накопления веществ, позволяет обосновано говорить о необходимости их широкого использования при различных геохимических исследованиях.

## Список литературы

- 1 Алексеенко, В. А. Эколого-геохимические изменения в биосфере. Развитие, оценка / В. А. Алексеенко. – М. : Универ. Книга; Логос, 2006. – 520 с.
- 2 Алексеенко, В. А. Геохимическая экология. Понятия и законы: учеб. пособие для ВУЗов / В. А. Алексеенко, М. С. Панин, Б. М. Дженбаев. – Бишкек., 2013.– 310 с.
- 3 Виноградов, А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А. П. Виноградов. – М. : Изд-во АН СССР, 1957.
- 4 Перельман, А. И. Геохимия / А. И. Перельман.– 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш.шк., 1989. – 528 с.