

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ТЕХНОГЕННО- НАГРУЖЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

А. А. Курышев, И. И. Косинова

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 28 февраля 2011 г.

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности применения биотических показателей при эколого-геологических исследованиях. Представлены практические примеры применения биотических критериев при оценке состояния техногенно-нагруженных территорий.

**Ключевые слова:** биотические показатели, металлургический комбинат, растительный покров, биогеохимия, эколого-геологические исследования.

**Abstract.** In article biotic indicators application features at ecological geology researches are considered. Practical examples of biotic criteria application at industrial territories estimation are presented.

**Key words:** biotic indicators, metallurgical industrial complex, vegetative cover, biogeochemistry, ecological geology researches

Растительный покров – неотъемлемая часть эколого-геологической системы. Благодаря растительному покрову происходит процесс синтеза органического вещества из неорганического, и тем самым обеспечивается возможности существования жизни. В то же время растительный покров является одним из наименее защищенных компонентов ландшафта. Растительность в первую очередь испытывает на себе влияние антропогенной деятельности человека. Уничтожение растительного покрова может создавать условия, несовместимые с жизнедеятельностью человека. Такие участки отгостятся к зонам экологического бедствия.

При оценках воздействия любого вида антропогенной деятельности на растительность необходимо учитывать её роль в функционировании ландшафтов и влияние на жизнедеятельность человека. Растительность – это базовый компонент окружающей среды. Она регулирует нормальное функционирование всех остальных, начиная от газового состава атмосферы, режима поверхностного стока и заканчивая урожайностью сельскохозяйственных культур. Об этом в свое время писал ещё В.В. Докучаев [2]. Связь жизни на Земле с растительностью опосредована многими другими факторами, поэтому люди часто забывают о жизненной необходимости сохранения растительности.

Воздействие на растительность может быть прямым или косвенным. К числу прямых воздействий относится непосредственное уничтожение растительности (вырубка лесов, выжигание участков с растительностью, распашка лугов и пр.). Косвенные воздействия опосредованы другими факторами, которые связаны с деятельностью человека. Например, изменение уровня грунтовых вод, микроклимата, загрязнение атмосферы и почвенного покрова. В связи с отсутствием установленных количественных нормативов оценка влияния антропогенной деятельности на состояние растительного покрова становится сложной задачей. Так, например, предельно-допустимые концентрации загрязняющих веществ в почвах для растительности не установлены. Существуют лишь сельскохозяйственные нормативы оптимального внесения удобрений в почву и содержания в ней ядохимикатов. Между тем, растения могут служить передаточным звеном распространения загрязняющих веществ, которые по трофическим цепям поступают в живые организмы.

В числе биотических показателей оценки состояния экосистем и геосферных оболочек В. В. Виноградовым предлагается выделять пространственные, динамические и тематические показатели. Наибольшее значение придается ботаническим [1]. Они наиболее представительны (“физиономичны”) и чувствительны к нарушениям окружающей среды [3]. Они позволяют пространственно выделять зоны экологического состояния, а также стадии нарушения во времени. С другой стороны, ботанические показатели обладают сво-

ей спецификой. Разные виды растений и растительные сообщества в разных географических условиях имеют неодинаковую чувствительность и устойчивость к нарушающим воздействиям. Следовательно, одни и те же показатели для выделения зон экологического состояния могут существенно отличаться для разных ландшафтов.

В этой связи оценку состояния растительности целесообразно проводить поэтапно:

1) выявление зон экологического неблагополучия с использованием тератологических методов. Оно основывается на изучении коэффициента симметрии листа травянистой растительности [4].

В естественных условиях, с благоприятными для растительности показателями среды, листовая поверхность имеет симметричную относительно оси форму. Наличие негативных факторов воздействия формирует различную степень ассиметрии. В

качестве количественного критерия, способного отобразить данный процесс, используется коэффициент симметрии ( $K_c$ ), который равен:

$$K_c = \frac{S_1}{S_2} * 100\%, \quad (1)$$

где  $S_1$  – площадь большей относительно оси поверхности листа, ( $см^2$ );

$S_2$  – площадь меньшей относительно оси поверхности листа, ( $см^2$ ).

Привлечение травянистой растительности позволяет выявить наиболее значимые корреляционные взаимосвязи, характерные для геохимических процессов. Для образцов, отобранных с площадки, высчитывается среднее значение  $K_c$ . Для территории Центрально-Черноземного региона России коэффициенты симметрии по одуванчику (лат. *Taraxacum*) имеют определенный диапазон изменений, характерный для различных категорий экологической оценки (табл. 1).

Таблица 1

*Ботанические критерии оценки нарушенности экосистем*

Показатель	Оценка состояния растительного покрова			
	Экологическая норма (Н)	Экологический риск (Р)	Экологический кризис (К)	Экологическое бедствие (Б)
Значение коэффициента симметрии $K_c$	95–100	85–95	75–85	< 75

Тератологический метод изучения экосистем является достаточно простым и эффективным. Это связано, во-первых, с высокой степенью достоверности получаемых оценок состояния экосистем, во-вторых с простотой его применения;

2) применение для выделенных зон биохимических критериев оценки состояния флоры основано на измерении содержания химических веществ в растениях и установлении аномалий. Показатели изменения соотношения содержания токсичных и биологически активных микроэлементов в укусах растений с пробных площадок служат основой для выявления значимых экологических нарушений. Тяжелые металлы негативно воздействуют на растения в основном, за счет проникновения в клеточные структуры вместе с почвенным раствором.

Эффективность применения биотических методов при эколого-геологических исследованиях продемонстрирована на примере экологической оценки зоны влияния Оскольского электроме-

таллургического комбината (ОЭМК), г. Старый Оскол Белгородской области. ОАО «Оскольский электрометаллургический комбинат» построен в результате соглашения, заключенного между СССР и ФРГ в середине семидесятых годов прошлого века. На предприятии впервые в России начато производство стали с использованием метода прямого восстановления железа. Основное технологическое оборудование цехов комбината изготовлено немецкими фирмами. Благодаря его высокому качеству и применению технологии «Мидрекс», здесь производится продукция высочайшего качества, сертифицированная по западным стандартам.

По уровню технологии завод уникален не только для России, но и для Европы: на современном высокоавтоматизированном и высокопроизводительном металлургическом предприятии для выплавки стали, используется металлургическое сырье – продукт прямого восстановления железа. Железорудное сырье для производства метал-

лизованных окатышей поступает на комбинат с расположенного в непосредственной близости Лебединского ГОКа. Оба предприятия образуют единый горнометаллургический комплекс.

Применение биотических исследований проводилось в три этапа:

На первом были проведены тератологические наблюдения. Они позволили выделить зоны экологических неблагополучий. Согласно схематической карте по данным тератологических исследований (рис. 1) выделяются 3 категории оценки: экологический риск, экологический кризис и экологическое бедствие.

Зона, соответствующая экологическому кризису, занимает значительную площадь в восточной части участка, а также локально фиксируется на западе. В общей сложности она охватывает около 60 % территории. Из техногенных объектов здесь размещаются: котельная, водоподъемная станция № 3, села Готовье и Обуховка.

В восточной части района отмечается зона экологического бедствия (около 5 % площади).

Оставшаяся часть территории (около 30 %) характеризуется состоянием экологического риска. Именно в этой зоне расположена большая часть территории промплощадки, завод силикатного кирпича и цех обжига извести. Минимальное значение коэффициента симметрии листовых пластин фиксируется в т. н. 311 ( $K_c = 74,06$ ), а максимальное в т. н. 2/1 ( $K_c = 93,02$ ).

Такая пространственно территориальная зональность связана, по-видимому, с преобладающим направлением ветра (западным) и наличием на севере промзоны Котел.

На втором этапе был применен контрольный метод биохимических исследований. Он позволил уточнить характер воздействия на растительность и выявить ведущие загрязняющие элементы. По результатам спектрального анализа было установлено содержание химических элементов в растительности на территории промплощадки ОЭМК.

Сравнение полученных данных с фоновыми значениями для ЦЧР [3] позволило выделить следующие особенности (табл. 2).

Таблица 2

Выявление аномальных содержаний в пробах биоматериала на территории промплощадки ОЭМК

Элемент	Среднее содержание в биоматериале, $n \cdot 10^{-3} \%$	Фон, $n \cdot 10^{-3} \%$	Превышение фона
Mn	9,69	750	0,01
Ti	1,38	100	0,01
V	12,6	6	2,1
Cr	3,42	25	0,14
Be	0,047	0,2	0,24
Ni	1,93	5	0,39
Mo	3,3	62	0,05
Cu	212,21	20	10,6
Pb	2,28	10	0,23
Cd	сл	–	–
Sn	сл	0,5	–
Ga	0,28	–	–
Zn	сл	1,5	–
Co	сл	–	–

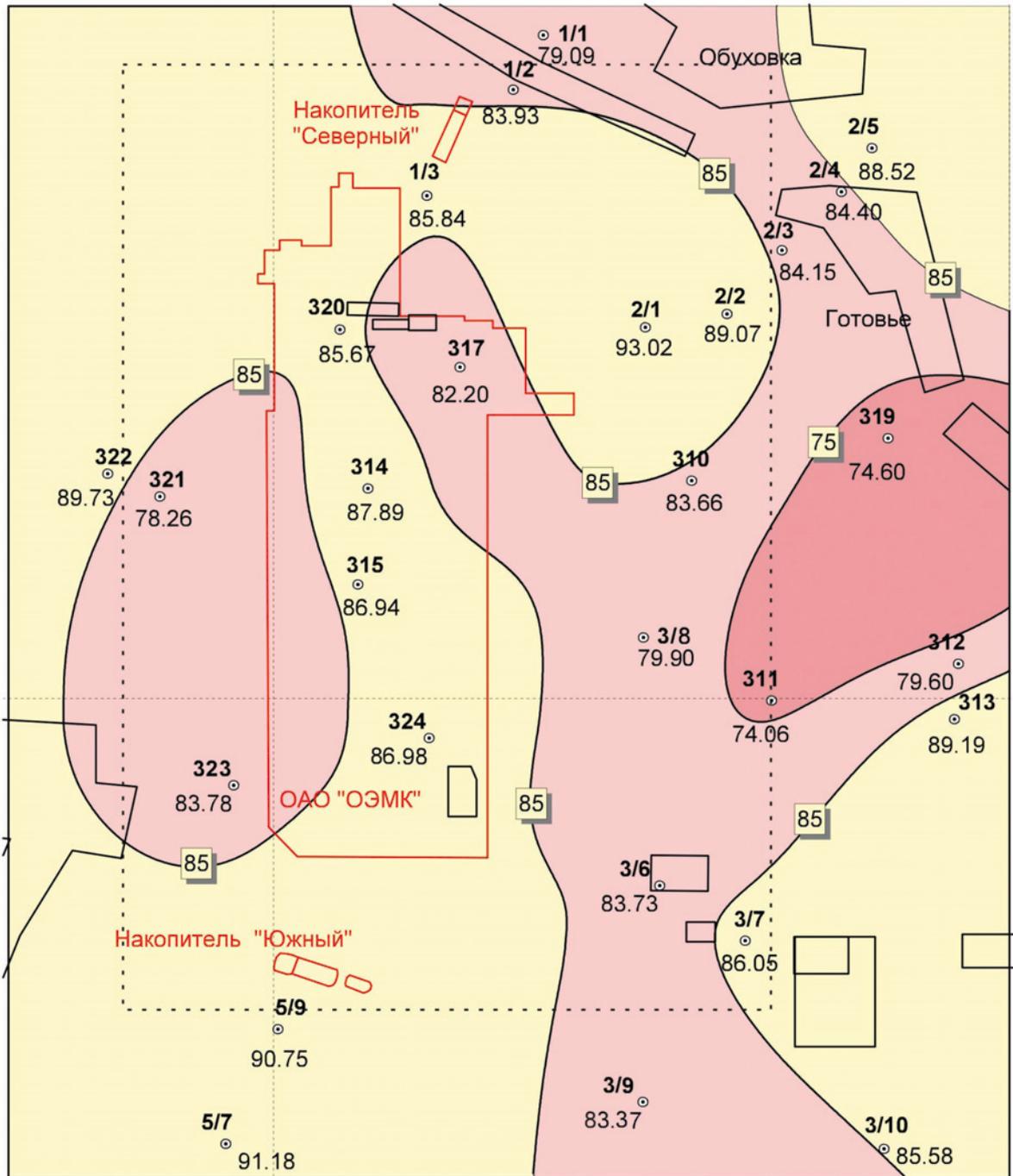
Для марганца, хрома и никеля превышение фона не наблюдается. Содержание ванадия выше фона в 2,1 раза. Наибольшие концентрации характерны для меди. По этому элементу отмечаются превышения фона на уровне 10,6 раза.

Третий этап имел своей целью выявление ведущего загрязняющего элемента, формирующего класс экологического неблагополучия территории. Построенная матрица позволила выделить в качестве такого элемента медь (табл. 3). Уровень ее содержания соответствует состо-

янию экологического бедствия. На втором месте выступает марганец. Его концентрация соответствует кризисной экологической ситуации. Экологический риск проявлен по таким элементам как свинец и молибден. Экологическая норма зафиксирована по кадмию, олову, галлию, цинку и кобальту.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Растительный покров является чутким индикатором состояния абиотических компонентов.



сечение изолиний через 5 ед.

317- номер пробы  
 90.75 - значение Кс  
 — изолинии

Категории оценки

- Экологическое бедствие (  $K_s < 75$  )
- Экологический кризис (  $K_s = 75 - 85$  )
- Экологический риск (  $K_s = 85 - 95$  )

Рис. 1. Схема состояния растительного покрова на территории ОЗМК и зоны влияния комбината (по данным тератологических исследований). Масштаб 1 : 40 000

Оценочная матрица нарушенности экосистем

Показатели по содержанию химических веществ в сухой массе трав, мг/кг	Классы состояния ЭГС			
	I – норма (Н)	II – риск (Р)	III – кризис (К)	IV – бедствие (Б)
Максимально допустимое содержание Pb, Cd, Hg, As, Sb	Cd	Pb	–	–
Содержание Al, Sn, Bi, Te, Wo, Mn, Ga, Ge, In, It (по превышению фона)	Sn, Ga	–	Mn	–
Содержание Zn (мг/кг)	Zn	–	–	–
Содержание Cu (мг/кг)	–	–	–	Cu
Содержание Mo (мг/кг)	–	Mo	–	–
Содержание Co (мг/кг)	Co	–	–	–

Это проявляется на уровне как морфологических, так и биохимических показателей.

2. Проведение биотических исследований целесообразно проводить в три этапа, используя последовательно тератологические, биохимические и экспертные оценки. Подобный подход позволяет решить основные задачи ЭГИ: выявление пространственных параметров деградации эколого-геологических систем, ведущих загрязняющих компонентов и уровня экологического неблагополучия техногенно-нагруженных территорий.

3. Зона Оскольского электрометаллургического комбината характеризуется высоким уровнем экологического неблагополучия, достигающим показателей экологического кризиса и бедствия. Данное обстоятельство лежит в основе утверждения о соответственно высоком уровне загрязнения

атмосферы, что в целом противоречит существующему в районе блоку экологической информации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. / А. П. Виноградов. – М. : Изд-во АН СССР, 1957. – 23 с.
2. Докучаев В. В. Учение о зонах природы / В. В. Докучаев. – М. : Географгиз, 1948. – 64 с.
3. Косинова И. И. Методы эколого-геохимических, эколого-геофизических исследований и рациональное недропользование / И. И. Косинова, В. А. Богословский, В. А. Бударина. – Воронеж : Изд-во Воронежского ун-та, 2004. – 281 с.
4. Экологическая геология: практикум по специальности 020306 – Экологическая геология / Воронеж. гос. ун-т; сост.: И.И. Косинова [и др.]; науч. ред. Т. А. Барабошкина. – Воронеж : ЛОП ВГУ, 2005. – 87 с.

Воронежский государственный университет  
 А. А. Курьшев, преподаватель кафедры экологической геологии  
 kaa@geol.vsu.ru  
 Тел. 8 (473) 220-82-89

Voronezh State University  
 A. A. Kuryshev, teacher of Chair Ecological Geology  
 kaa@geol.vsu.ru  
 Tel. 8 (473) 220-82-89

И. И. Косинова, заведующая кафедрой экологической геологии, доктор геолого-минералогических наук, профессор  
 Kosinova777@yandex.ru  
 Тел. 8 (473) 220-82-89

I. I. Kosinova, the Head of the Chair of Ecological Geology, Doctor of Geology-Mineralogical Sciences, Professor  
 Kosinova777@yandex.ru  
 Tel. 8 (473) 220-82-89