

УДК 504.062.001.18

Н.И. Грехнев, Л.Н. Липина, С.И. Лапекина

ОПЫТ МНОГОФАКТОРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗОН ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА В ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНАХ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Рассмотрены вопросы моделирования зон экологического риска на основе многофакторного анализа природных экосистем. Для статистического анализа учтено множество природных, подчиняющихся биоклиматической зональности, и природно-технических факторов, оказывающих влияние на экологическое состояние экосистем, которые объединены в три группы: природно-геологическую, эколого-технологическую и горно-техническую. Из зональных факторов наибольший интерес представляют факторы геолого-географического содержания, по смысловому содержанию объединенные в геохимические ландшафты на уровне «класса», которые выделяются по ряду таких важных показателей, как геохимический состав литогенного субстрата, содержащий комплекс типоморфных элементов и определяющий ихначально литогенную матрицу экосистемы, окислительно-восстановительные свойства (рН), а также параметры рельефа и литологический состав рыхлого покрова кор выветривания.

Изложенный опытный материал по многофакторному моделированию зон экологического риска представляет научный интерес не столько в использованном статистическом аппарате, сколько в выборе и обосновании используемых для статистического анализа природно-технических факторов и признаков для прогнозирования зон экологического риска.

Ключевые слова: статистический анализ, регрессия, зональные факторы.

Моделирование зон экологических рисков на основе многофакторного анализа состоит в определении основных факторов и степени их влияния на состояние природной среды. Поэтому все многообразие факторов, оказывающих влияние на экологическое состояние экосистем, рационально минимизировать путем их агрегирования по направлению воздействия в отдельные группы, которые можно свести к трем основным типам, характеризующих: 1) природно-геологическую 2) эколого-технологическую и 3) горно-техническую сферу влияния.

Природно-геологическая группа включает факторы, которые в пределах крупного региона наследуют преимущественно зональный характер и подчинены биоклиматической (гео-

графической) и геолого-металлогенической зональности, с достаточно обособленно проявленными свойствами в различных зонах. К ним рационально отнести:

- биоклиматические факторы диссимилиации и гипергенеза;
- литогенно-геохимический субстрат экосистем;
- интенсивность механического рассеяния продуктов выветривания и горнопромышленных отходов.

Эти факторы довольно полно описываются в классах геохимических ландшафтов, характеризующих интенсивность и формы миграции химических соединений, и их можно отождествлять с показателем относительной устойчивости природных экосистем. Классы геохимических ландшафтов выделяются по комп-

лексу признаков в виде химического состава литогенного субстрата и комплекса типоморфных элементов, гипсометрии и морфологии рельефа, состава современных кор выветривания (элювия) и окислительно-восстановительных свойств среды (рН).

Эколого-технологическая группа включает зональные и незональные свойства природных систем, регулирующих процессы трансформации минеральных отходов горных предприятий, перевод их в поверхностных условиях в токсичные формы химических соединений. В нее входят:

- геоэкологический индикатор руд осваиваемых месторождений и минеральных отходов горных предприятий;
- показатель экологической значимости отходов производства;
- степень диверсификации производства по переработке отходов горного производства и рекультивации нарушенных земель;
- количество загрязненных компонентов окружающей среды.

Горно-техническая группа факторов отражает интегральные физические (объемные и площадные) параметры нарушений, горнотехнических объектов и минеральных отходов для определения усредненных или удельных концентраций токсичных веществ, формирующихся в компонентах природной среды в горнопромышленных районах.

Исходным информационным материалом для статистического анализа послужила рабочая карта комплексного экологического районирования масштаба 1:2 500 000, составленная нами на южную часть Дальневосточного региона. Главная задача обработки информационной нагрузки карты – выделить и закартировать на территории региона техногенную нагрузку и провести ее дифференциацию по интенсивности на исследуемой территории. В связи с этим по-

требовалось количественно оценить факторы (признаки), влияющие на исследуемые экосистемы. Поэтому дальнейшая процедура использования этих факторов производится путем снятия их с карты по формализованной сети квадратов.

Количество факторов и перевод их в признаки производится на основе экспертной оценки, которые затем используются для статистического анализа. Целевой задачей анализа этих факторов является определение относительной устойчивости экосистем к техногенным факторам горнопромышленного производства и определение интегральной горнотехнической нагрузки.

Показатель относительной устойчивости экосистем к техногенным факторам, т.е. способности растений и живых организмов сохранять жизнедеятельность в условиях избытка токсичных элементов. В основе формирования толерантности лежат многие метаболические процессы, которые определяют граничные значения самовосстанавливаемости природной среды (Рянский, 1989). Показатель устойчивости экосистемы нельзя непосредственно измерить, который может быть получен только расчетным путем с невысокой долей вероятности, а потому является условной величиной. В соответствии с биоклиматическими зонами выделяется 4 типа относительной устойчивости, каждый из которых затем подразделяется на равнинные и горные экосистемы.

Классы геохимических ландшафтов, характеризующие интенсивность и формы миграции химических соединений, выделяются по комплексу природных признаков таких как химический состав литогенного субстрата и спектр типоморфных элементов, морфометрия рельефа, мехсостав продуктов разрушения (элювия) и рН среды. Всего выделено 6 классов ландшафтов.

Таблица 1

Корреляционная матрица

Тау корреляции Кендалла (табл. Блок II sta). ПД попарно удалены Отмеченные корреляции значимы на уровне $p < 0,5000$							
Перемен.	X ₁	X ₂	X ₃	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
X ₁	1,00	0,19	0,56	0,60	0,59	- 0,18	1,00
X ₂		1,00	0,47	0,43	0,53	0,56	0,19
X ₃			1,00	0,81	0,95	0,1	0,56
X ₅				1,00	0,85	0,02	0,60
X ₆					1,00	0,09	0,59
X ₇						1,00	- 0,18
X ₈							1,00

Таблица 2

Матрица ранговой корреляции

Ранговые корреляции Спирмена (табл. Блок II sta). ПД попарно удалены Отмеченные корреляции значимы на уровне $p < 0,5000$							
Перемен.	X ₁	X ₂	X ₃	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
X ₁	1,00	0,20	0,56	0,62	0,58	- 0,18	1,00
X ₂		1,00	0,48	0,45	0,54	0,58	0,20
X ₃			1,00	0,84	0,95	0,1	0,56
X ₅				1,00	0,88	0,02	0,62
X ₆					1,00	0,09	0,59
X ₇						1,00	- 0,18
X ₈							1,00

Геоэкологический индикатор руд осваиваемых месторождений с определенной ассоциацией рудных и сопутствующих минералов и, следовательно, набором токсичных и тяжелых металлов. Учитывая, что руды сульфидных формаций являются, как правило, полиминеральными, то в качестве индикатора токсичности руд принято разделение их на многосульфидные (содержание сульфидов более 5%) и малосульфидные (ниже 5%).

Показатель экологической значимости принят нами по А.И. Потапову и др. [2] и имеет 4 значения.

Коэффициент механического рассеяния продуктов выветривания, в том числе и минеральных отходов горных производств, определяется в соответствие с выделенными гипсометрическими и морфологическими типами рельефа. Всего выделено 4 морфологических типа.

Всего по квадратам учета было снято 9 видов информации, дифферен-

цированной, в общей сложности, по 36 параметрам, которые можно классифицировать как непараметрические данные. В виду большого размера выборки и значительного объема статистических параметров получены пока предварительные результаты.

При проведении статистического анализа цифровая выборка подвергнута (по стандартным программам) множественной корреляции по Кендаллу и Спирмену (табл. 1 и 2) и регрессионному анализу (линейная и квадратичная регрессии) по отдельным блокам карты. Однако, в виду представления в статистический анализ непараметрических данных (признаков) и недостаточной мощности статистической модели, интерпретация компьютерных моделей пока затруднена.

Из анализа матриц (табл. 1 и 2) видно, что значимую корреляцию с устойчивостью экосистем (x_1) обнаруживают геоэкологический индикатор (x_2), показатель токсичности руд (x_3), коэф. механического рассеяния (x_6), максимальная связь проявлена с гипсометрической характеристикой рельефа (x_8). Максимальной корреляцией (более 0,8) характеризуются класс токсичности и показатель механического рассеяния с геоэкологическим индикатором оруденения.

Для детализации статистической зависимости форма связи дополнительно исследовалась через функцию регрессии: линейной и квадратичной (программный продукт одно- и многофакторного регрессионного анализа (программа «Регрессия 2.3»). В качестве интегрального показателя принята: аддитивная нагрузка (x_1), класс геохимических ландшафтов (x_2), геоэкологический индикатор руд (x_3), коэффициенты механического рассеяния ТМ в зависимости от морфологической и гипсометрической характеристики рельефа (x_4) и криогенная обстановка (x_5). Для каждого массива

данных (блока карты) определены коэффициент корреляции, параметры модели, степень влияния, условное математическое ожидание (уравнение регрессии), данные которых приводятся ниже. Для каждого из 8-ми массивов цифровых данных определены коэффициент корреляции, параметры модели, степень влияния, условное математическое ожидание (уравнение регрессии), данные о которых приводятся ниже, пока по отдельным блокам:

Блок 1 линейная регрессия

$$y = -2,17 - 12,75x_1 + 1,01x_2 + x_3 + 1,16x_4 + 10,17x_5$$

Блок 1 квадратичная регрессия

$$y = -0,33 - 0,66x_1 + 3,85x_2 - 0,05x_3 - 1,24x_4 + 3,61x_5$$

Коэффициент корреляции – 0,99

Блок 2 линейная регрессия

$$y = -0,026 + 1,045x_1 + 1,06x_2 + 1,02x_3 + 1,01x_4 + 0,97x_5$$

Блок 2 квадратичная регрессия

$$y = 0,55 + 1,44x_1 + 0,83x_2 + 0,52x_3 + 1,13x_4 - 1,45x_5$$

Коэффициент корреляции – 0,99

Блок 3 линейная регрессия

$$y = -1,12 - 0,09x_1 + 1,31x_2 + 2,93x_3 + x_4 + 2,52x_5$$

Блок 3 квадратичная регрессия

$$y = 1,57 - 2,96x_1 - 5,43x_2 + 6,10x_3 + 2,86x_4 + 1,75x_5$$

Коэффициент корреляции – 0,81.

Приведенные данные позволяют предположить, что высокий коэффициент корреляции (от 0,81 до 1,0) свидетельствует о достаточно тесной связи между исследуемыми величинами и определяется степенью взаимосвязи и взаимовлиянием отдельных показателей. Коэффициенты регрессии измеряют среднее по совокупности отклонения признака-результата от его усредненной величины при отклонении признака-фактора $X_1 \dots$ на единицу при условии, что все факторы модели не изменяются, т.е. фиксируются на своих средних уровнях.

Приведена характеристика используемых признаков и их количественные значения. Разработаны новые и уточнены известные факторы техногенного воздействия, которые подготовлены для комплексного статистического анализа. Представлен опыт методического подхода к определению показателя относительной устойчивости к техногенным нагрузкам, установлена статистическая зависимость ее от ряда природных

факторов, таких как зональные природные комплексы и биоклиматическая зональность, геоэкологический показатель токсичности руд, коэффициент экологической значимости, показатель рассеяния вещества в экосистемах и др. Выявлена возможность статистического анализа используемых природных факторов (признаков) для прогнозирования объемов техногенной нагрузки на зональные экосистемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рянский Ф.Н. Геосистемные подходы к методике прикладного эколого-экономического районирования ДВ части зоны БАМ. ИВЭП. Препринт, ИВЭП, ГО СССР. Владивосток, 1989.

2. Потапов А.М., Воробьева В.Н., Карлин Л.Н., Музалевский А.А. Мониторинг, контроль, управление качеством ОС. Книга 3. СПб.: Информресурсы, 2005. **ИДБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Грехнев Николай Иванович – кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией, e-mail: grh@igd.khv.ru, Институт горного дела ДВО РАН, Липина Любовь Николаевна – старший инженер, Институт горного дела ДВО РАН, Лапегина Светлана Ивановна – старший инженер, ВЦ ДВО РАН.

UDC 504.062.001.18

THE EXPERIENCE OF MULTIFACTORIAL MODELING OF ECOLOGICAL HAZARD ZONES IN MINING – INDUSTRIAL AREAS OF THE FAR EAST

Grehnev N.I., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Laboratory, e-mail: grh@igd.khv.ru, Mining Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Lipina L.N., Senior Engineer, Mining Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Mining Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Lapenkina S.I., Senior Engineer, Computer Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences.

The article considers ecological risk area modeling based on the multi-factor analysis of natural ecosystems. The statistical review includes a multitude of natural factors, that obey bioclimatic zoning and natural-industrial factors, that affect ecological state of the ecosystems grouped into natural-geological, eco-technological and mine-technical. Among the zonal factors, of interest are the geological-geographical factors pooled into classes

by geochemical landscapes characterized by: geochemical composition of lithogenous substrate, with a complex of typomorphic elements, which governs the original lithogenous matrix of the ecosystem; redox properties (pH); parameters of the relief; and lithological composition of loose cover of weathered layer.

The presented experimental data on the multi-factor modeling of ecological risk areas are of importance not from the viewpoint of the statistical analysis but in terms of selection and validation of natural and industrial factors and signs for the analysis and forecasting of the eco-risk areas.

Key words: statistical analysis, regression, zonal factors.

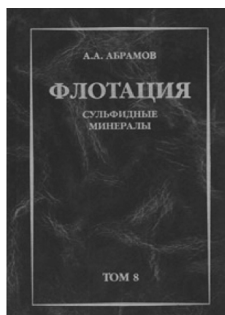
REFERENCES

1. Rjanskij F.N. *Geosistemnye podhody k metodike prikladnogo jekologo-jekonomicheskogo rajonirovaniya DV chasti zony BAM* (Geosystem-based approaches to the procedure of applied ecological-economical zoning of the Far East area in the Baikal-Amur Mainline territory), Vladivostok, IVJeP, 1989.

2. Potapov A.M., Vorob'eva V.N., Karlin L.N., Muzalevskij A.A. *Monitoring, kontrol', upravlenie kachestvom OS* (Environmental monitoring and quality control), book 3, Saint-Petersburg, Informresursy, 2005.



ГОРНАЯ КНИГА



Собрание сочинений. Том 8. Флотация. Сульфидные минералы

Абрамов А.А.

2013

704 с.

ISBN: 978-5-98672-338-9

UDK: 622.765

Дано теоретическое и экспериментальное обоснование методов и способов совершенствования, оптимизации и интенсификации технологии флотационного обогащения сульфидных руд на основе результатов анализа химических, электрохимических и электрофизических свойств сульфидных минералов при их окислении и взаимодействии с флотационными реагентами. Показано, что приведенные в книге

теоретически обоснованные и экспериментально подтвержденные результаты исследований и разработанные физико-химические модели оптимальных условий селективной флотации основных сульфидных минералов могут послужить основой создания принципиально новых эффективных технологических решений в практике обогащения руд цветных металлов, решения проблем полного водооборота на фабриках и охраны окружающей среды.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Обогащение полезных ископаемых» направления подготовки «Горное дело». Может быть использовано научными работниками, инженерами-обогапителями и специалистами в области автоматизации флотационных фабрик при совершенствовании, оптимизации и интенсификации технологических процессов флотационного обогащения руд цветных металлов.