

13



4846548

Кульнев Вадим Вячеславович

Куль-

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЕПОНИРУЮЩИХ СРЕД
ТЕРРИТОРИИ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

специальность 25.00.36 — Геоэкология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

19 МАЯ 2011

Воронеж — 2011

Работа выполнена в Воронежском государственном университете

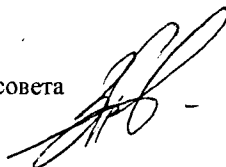
| | |
|------------------------------|---|
| Научный руководитель | доктор физико-математических наук, профессор Базарский Олег Владимирович |
| Официальные оппоненты | доктор географических наук, с.н.с, Умывакин Василий Митрофанович кандидат географических наук, доцент Межова Лидия Александровна |
| Ведущая организация | кафедра физической географии и геоэкологии Курского государственного университета |

Защита состоится «14» июня 2011 г. в 15⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 215.007.01 при Военном авиационном инженерном университете (г. Воронеж) по адресу: 394064, г. Воронеж, ул. Старых большевиков, д.54 - а.

С диссертацией можно ознакомиться в учебной библиотеке Военного авиационного инженерного университета (г. Воронеж).

Автореферат разослан « 4 » МАЯ 2011 года

Ученый секретарь диссертационного совета



Закусилов В. П.

Актуальность. В настоящее время, как правило, экологическое состояние техногенно нагруженных территорий оценивается по отдельным компонентам на их соответствие предельно-допустимой концентрации (ПДК) [ГН 2.1.5.1315-03, ГН 2.1.7.2041-06].

Пространственное распределение поллютантов и их концентрация могут существенно различаться на территории горнодобывающих предприятий, где располагается целый ряд источников техногенного загрязнения, образуя сложный техногенный комплекс.

Накопление поллютантов происходит в воде и в почве. Они образуют депонирующую среду, а атмосфера выступает в роли переносчика загрязняющих веществ. Под депонирующей средой будем понимать сложный комплекс техногенно измененных поверхностных, подземных, и технологических вод, а также почв, формирующих единую систему массопереноса.

На территории горнодобывающих предприятий имеется три категории вод: оверхностные водоемы и водотоки, подземная гидросфера и технологические воды этих предприятий. При этом формируется специфическая водная среда, отличающаяся большим объемом поступления подземных вод в поверхностные за счет системы дренажных скважин. Кроме того, ряд поверхностных вод заводится в гидротехнические тракты, делающие невозможной на определенной территории их инфильтрацию в подземную гидросферу. С другой стороны, в районе хвостохранилищ отстойников технологических вод, наоборот, наблюдается их значительная инфильтрация в подземные воды. Массоперенос в подземных водах зависит от геологического строения территории и геохимической обстановки, формируемой вмещающими породами. Все эти факторы приводят к чрезвычайно сложной геоэкологической ситуации на территории горнодобывающих предприятий.

Покомпонентный анализ поллютантов в отдельных точках депонирующей среды не может охарактеризовать геоэкологическую обстановку территории в целом. При этом не возможен сравнительный анализ геоэкологического состояния различных горнодобывающих предприятий, построение достоверных моделей депонирующих сред и рациональное планирование природоохранных мероприятий.

Поэтому, разработка методики комплексной геоэкологической оценки депонирующих сред и их моделей является весьма актуальной задачей.

Методику, характеризующую одну депонирующую среду в целом, назовем частной, а характеризующую геоэкологическое состояние обеих сред – воды и почвы – комплексной.

В этой связи научной задачей работы является разработка методики и модели комплексной геоэкологической оценки техногенно нарушенных территорий, позволяющих оценить как геоэкологическое состояние отдельных депонирующих сред, так и комплексное геоэкологическое состояние территории в целом, с целью овьшения эффективности природоохранных мероприятий.

Объект исследования – депонирующие среды территории горнодобывающего предприятия.

Предмет исследования — показатели геоэкологического состояния территории горнодобывающего предприятия.

Цель исследования — повышение эффективности планирования природоохранных мероприятий на территории горнодобывающих предприятий на основе разработанных геоэкологических моделей.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи.

1. Разработана методика комплексной геоэкологической оценки техногенно-нагруженных депонирующих сред, включающая в себя:

новый показатель загрязнения депонирующей среды, адекватно описывающий ее геоэкологическое состояние при большом числе поллютантов, возникающих при добыче и переработке многокомпонентного сырья горнодобывающих предприятий; частную методику, характеризующую геоэкологическое состояние одной депонирующей среды;

2. Построены геоэкологические модели депонирующих сред, основаны на разработанной методике.

3. Создана эффективная система природоохранных мероприятий для действующих горнодобывающих предприятий, основанная на построенных моделях.

Фактический материал. Исходными материалами при решении поставленных задач явились результаты полевых работ и аналитических исследований, систематизированных в результате камеральной обработки, полученные лично автором период с 2006 по 2010 гг., а также материалы исследований ОАО «Ковдорский ГОК» и ОАО «Мурманская геологоразведочная экспедиция» за 1999 – 2005 гг.. Общее число отобранных и исследованных проб по депонирующим средам – 2015. На учено-исследовательское направление было выбрано автором в 2006 г., работа выполнялась в период с 2006 по 2010 гг. Автором в результате полевых и камеральных исследований были получены научные и практические результаты, которые легли основу диссертационной работы.

Защищаемые положения.

1. Методика комплексной геоэкологической оценки техногенно нагруженных депонирующих сред. Соответствует пункту 6 паспорта специальности 25.00.3 «Геоэкология».

2. Геоэкологические модели депонирующих сред территории ОАО «Ковдорский ГОК». Соответствует пункту 14 паспорта специальности 25.00.36 «Геоэкология».

3. Комплексная геоэкологическая оценка депонирующих сред территории ОАО «Ковдорский ГОК», и универсальная система природоохранных мероприятий для горнодобывающих предприятий. Соответствует пункту 6 паспорта специальности 25.00.36 «Геоэкология».

Научная новизна диссертационной работы:

1. Разработана методика комплексной геоэкологической оценки техногенно нагруженных депонирующих сред, отличающаяся новым уточненным показателем загрязнения, позволяющая сравнивать горнодобывающие предприятия по уровням экологической опасности;

2. Построены геоэкологические модели депонирующих сред, отличающиеся использованием разработанной методики и модифицированного метода картографирования территории по неравномерной сети пробоотбора, позволяющие выявлять

пространственно-временные характеристики очагов экологической опасности и эффективно планировать природоохранные мероприятия;

3. Рекомендована система природоохранных мероприятий для горнодобывающих предприятий, эффективность которой проверена на территории ОАО «Коворский ГОК», добывающего сложное многокомпонентное сырье.

Практическая значимость

1. Методика комплексной геоэкологической оценки состояния депонирующих ред может быть использована для сравнения экологической опасности различных орнодобывающих предприятий и оценки эффективности проведенных природоохранных мероприятий. Так засевание травой дамбы хвостохранилища ОАО «Коворский ГОК» позволило снизить уровень экологической опасности территории с анга «экологический кризис» до уровня «экологическая норма».

2. Картографические модели депонирующих сред могут быть использованы для выявления очагов экологической опасности и их характеристик, а также рационального планирования природоохранных мероприятий.

Апробация работы проведена в виде докладов на различных научных конференциях. Всероссийская научная конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов «Геологи XXI века» (г. Саратов, 2005, 2009 г.), научная сессия Воронежского государственного университета, секция экологической геологии, (г. Воронеж, 2008, 2009). Международная научно-практическая конференция «Обеспечение экологической безопасности в чрезвычайных ситуациях» (г. Воронеж, 2008, 2009). одичная сессия научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (г. Москва, март 2008 г.). Научно-методическая конференция . Воронеж, ВВВАИУ, 2005, 2006 год). Геологические опасности: 15 Всероссийская конференция с международным участием (г. Архангельск, 2009 г.). Геология и геоэкология - XIX конференция молодых ученых, посвященная памяти члена-корреспондента АН СССР профессора К. О. Кратца (г. Апатиты, ноябрь 2008г.). Начная сессия Воронежского государственного университета, секция геология, (г. Воронеж, 2010 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликованы 24 статьи (в том числе 2 статьи в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК РФ)

Структура и объем работы: диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения. Объем диссертации составляет 181 страницу, включая 77 рисунков, 25 таблиц. Список использованных литературных источников включает 162 наименования, в том числе 2 на иностранном языке.

ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Положение 1. Методика комплексной геоэкологической оценки техногенно нагруженных депонирующих сред.

Предлагаемая методика основана на статистических методах обработки данных химического анализа загрязнения депонирующих сред. Обработка данных проводилась по многолетним статистическим рядам гидрохимических измерений. В течение одиннадцати лет ежемесячно отбирались пробы воды на ключевых гидростаях и водопонижающих скважинах. Общее число точек пробобора – пятнадцать.

По результатам анализа данных были выбраны пятнадцать основных компонентов и показателей, определяющих загрязнение окружающей среды на территории комбината, измерение которых проводилось в течение всего периода мониторинга. Это: азот аммонийный; азот нитритный; азот нитратный; хлорид-ион; сульфат-ион; фосфат-ион; анионоактивные синтетические поверхностно-активные вещества; ионы кальция; магния; марганца; железа; нефтепродукты, а также такие показатели как химическое потребление кислорода, биохимическое потребление кислорода и общая жесткость.

Для исследования природных вод и почв ранее использовался суммарный показатель загрязнения (СПЗ), который обозначим буквой S . Он рассчитывается по нормированию поллютантов в пробе относительно предельно-допустимых концентраций.

$$S = \sum_{i=1}^n K_i - (n - 1)$$

где — K_i коэффициент концентрации по каждому элементу, рассчитывается по формуле:

$$K_i = C_i / C_{ПДК_i} \quad (2)$$

где C_i — концентрации i -го элемента в анализируемой пробе; $C_{ПДК_i}$ — предельно-пустимая концентрация данного элемента; n — количество анализируемых элементов.

У этого показателя есть один существенный недостаток. Он хорошо работает в случаях, когда для всех загрязняющих веществ измерения дают результаты больше ПДК, то есть $K_i \geq 1$. Однако, для сравнения техногенно нагруженных территорий, у которых отдельные участки имеют существенно различный уровень загрязнения, этот показатель становится не эффективным.

В работе предложен уточненный суммарный показатель загрязнения (СПЗ_у, лишенный указанного недостатка.

Уточненный суммарный показатель загрязнения рассчитывается по формуле

$$S_y = \sum_{i=1}^n K_i - \log_2 n$$

Здесь также как и в классическом СПЗ производится суммирование коэффициентов концентраций загрязняющих веществ, однако количественно число веществ n ограничивается не линейным, а логарифмическим законом. Основой логарифма равно двум, так как для S_y минимальное количество поллютантов равно двум. Логарифмический закон выбран потому, что отклик биоты на суммарное воздействие множества факторов логарифмический. В этом случае показатель S_y становится ограниченным снизу. Предложенный уточненный суммарный показатель загрязнения позволяет с единых позиций описать экологическое состояние таких природных геосфер как литосфера и гидросфера. Ранжирование справедливо для тридцати видов загрязняющих веществ, что достаточно для практических целей, и позволяет четко классифицировать экологическую ситуацию по классическим рангам.

На рис.1 представлены зависимости величины S_y от числа загрязняющих веществ, при различных значениях коэффициента концентрации. Предполагалось, все они для различных поллютантов одинаковы.

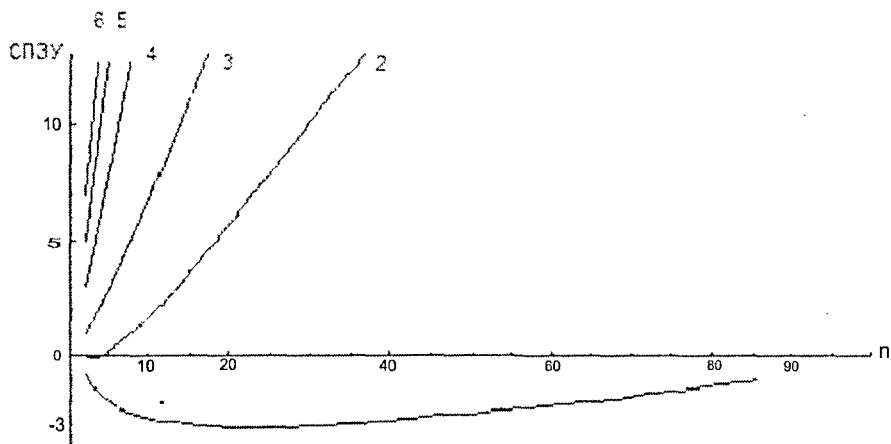


Рис. 1 Область определения S_y

Кривая 1 соответствует уровню природного фона, находясь в отрицательной области. Она пологая, достигая минимума - 3 при $16 \leq n \leq 32$. По-видимому, это остаточное число микроэлементов, необходимых организму человека для комфортного функционирования. Кривая 2 рассчитана для $K_i = 0,5$, кривая 3 для $K_i = 1$, кривая 4 для $K_i = 2$, кривая 5 для $K_i = 3$ и кривая 6 для $K_i = 4$.

Диапазон изменения S_y оценивался на базе гидрохимических данных уровня загрязнения природных вод территории ОАО «Ковдорский ГОК» по пятнадцати компонентам, измеряемым ежемесячно в течение одиннадцати лет в пятнадцати точках пробоотбора. Объем выборки составляет 1980 измерений. Для каждого текущего измерения рассчитывалась величина S_y , которая лежит в интервале $-3 \leq \text{ПЗУ} \leq 16,8$. Эти значения были распределены существенно неравномерно, минимизируясь в области больших значений S_y , привязанных к техногенным источникам. Чевидно, что ранжирование диапазона изменения S_y должно быть неравномерным, но таким, чтобы в каждый выделенный ранг попадало, примерно, одинаковое количество измерений.

Для определения числа рангов предлагается следующая эмпирическая формула:

$$N = 5 \lg [S_y] \quad (4)$$

де $[S_y] = 19,8$ – диапазон изменения S_y . Тогда расчетное число рангов $N=7$. Область определения СПЗУ не ограничена сверху, то есть для очень загрязненной среды формула (4) может определять число рангов больше семи. Однако верхние ранги будут лежать в области бедствия, где длительное существование биоты невозможно. Поэтому их введение не имеет смысла. Для чистой среды число рангов может быть меньше семи, но тогда теряется общность описания геоэкологической обстановки. Из этих соображений выбрано $S_y = 7$.

С учетом одинаковой репрезентативности каждого ранга в таблице 1 приведено ранжирование S_y , а названия и экологическая опасность рангов являются общепринятыми.

Таблица 1 Ранжирование геоэкологической ситуации по уточненному суммарному показателю загрязнения.

| S_y | Ранг | R ₁ | R ₂ |
|-------------------|---------------------------|----------------|----------------|
| $-3 \leq * < -1$ | Природный фон | 0,2 | 0,1 |
| $-1 \leq * < 0$ | Техногенный фон | 1,0 | 0,3 |
| $0 \leq * \leq 2$ | Экологическая норма | 2,0 | 0,7 |
| $2 < * \leq 4$ | Экологический риск | 3,1 | 1,2 |
| $4 < * \leq 8$ | Компенсированный кризис | 4,2 | 1,8 |
| $8 < * < 16$ | Некомпенсированный кризис | 5,3 | 3,0 |
| | | 5,8 | 3,5 |
| $* \geq 16$ | Бедствие | 6 | 4,1 |

Примечание: R – уровни риска для водной депонирующей среды;

R₂ – уровни риска для почвенной депонирующей среды.

Видно, что самым широким является диапазон изменения некомпенсированного кризиса, равный восьми единицам S_y . При таком ранжировании он становится репрезентативным. Самым узким репрезентативным рангом является техногенный фон, равный одной единице S_y , так как большая часть загрязненной окружающей среды, не превышающих ПДК, лежит в ранге техногенного фона.

Отметим качественные характеристики, предложенные в таблице рангов.

Ранг природного фона соответствует естественному состоянию природной геосферы, когда биота находится с ней в динамическом равновесии микроэлементном смысле, то есть обеспечивает биоту необходимым для жизнедеятельности количеством минеральных и органических веществ.

Ранг техногенного фона соответствует повышенному содержанию некоторых веществ в природной геосфере за счет антропогенной нагрузки. В этом случае природное равновесие нарушается, и излишек этих веществ, ставших для биоты вредными, сбрасывается в окружающую среду за счет основных систем выведения загрязняющих веществ, работающих в штатном режиме.

Ранг экологической нормы предполагает дальнейшее нарушение природного равновесия, когда избыток вредных веществ выводится за счет включения всех возможных систем выведения, и не наблюдается их накопления в организме человека.

Ранг экологического риска предполагает накопление загрязняющих веществ ослабленных организмах, а в остальных работу всех систем выведения с предельно нагрузкой. В этом случае, возможны экологически обусловленные заболевания слабых организмов, но эта связь статистически слабая.

Ранг компенсируемого кризиса предполагает столь высокую концентрацию загрязняющих веществ в организме, что они накапливаются в нем и вызывают достоверно установленные экологические заболевания. Однако изменение среды обитания организма и медицинские мероприятия позволяют привести организм в нормальное состояние.

Ранг некомпенсируемого кризиса предполагает чрезвычайно высокое накопление вредных веществ в организме, так что изменение среды обитания и лечение позволяют только снизить их уровень. В организме происходят необратимые изменения, приводящие к преждевременной гибели.

Ранг бедствия делает невозможным длительное существование основной части биоты в такой природной среде. При этом только отдельные организмы за счет генетических мутаций могут приспособиться к новой природной геосфере их жизнедеятельности, давая начало новой популяции.

Вычислив S_y по всем точкам пробоотбора, можно усреднить его по всей территории деятельности горнодобывающих предприятий для обеих депонирующих сред, то есть получить частный СПЗ_y для каждой среды:

$$\overline{S_{y r}} = 1/m \sum_{i=1}^m S_{y i} \quad (9)$$

где $S_{y i}$ – значение СПЗ_y для водной депонирующей среды в i -ой точке, m – число точек пробоотбора.

Аналогично для почвенной депонирующей среды имеем для q точек пробоотбора:

$$\overline{S_{y n}} = 1/q \sum_{i=1}^q S_{y i} \quad (10)$$

Поскольку атмосфера является чрезвычайно динамичной геосферной оболочкой, способной к быстрому разбавлению примесей и самоочищению, то определять её частный СПЗ_y не имеет смысла. Речь может идти только о депонирующих средах, накапливающих загрязняющие вещества. Кроме того, атмосферные загрязнения в основном газообразные, не коррелирующие с водными и почвенными загрязняющими веществами.

Следующим шагом методики является вычисление комплексного СПЗ_y территории по двум депонирующим средам. Если поллютанты в этих средах не коррелируют между собой, то их комплексный СПЗ_y можно представить точкой в ортогональном пространстве признаков. Если наблюдаются корреляционные связи различных поллютантов, то ортогональная система координат преобразуется в косоугольную, углы между осями которой определяются коэффициентами корреляции. Поскольку связи могут быть различными, то построить такое пространство признаков чрезвычайно сложно. Поэтому рекомендуется комплексный анализ депонирующих сред производить по одному и тому же набору поллютантов. Тогда угол между осями равен нулю, и производится алгебраическое сложение СПЗ_y двух депонирующих сред – воды и почвы. Комплексный СПЗ_y территории равен:

$$\overline{<S_y>} = (\overline{S_{y r}} + \overline{S_{y n}}) / 2 \quad (11)$$

Эта величина характеризует одним числом экологическое состояние исследуемой техногенно нагруженной территории, и может отслеживаться по результатам мониторинга, позволяя давать обоснованные природоохранные рекомендации.

В ряде случаев объем статистической выборки может быть недостаточен для репрезентативного вычисления S_y . Тогда предлагается эвристическая методика вычисления S_y , основанная на экспертных оценках. По экспертным оценкам каждому рангу S_y по верхней границе присвоены уровни риска в баллах по шестибалльной шкале. R_1 – уровни риска для водной депонирующей среды, R_2 – для почвенной депонирующей среды (таблица 1). Для повышения точности оценки широкий ранг некомпенсируемого кризиса поделен пополам.

Между предикторами R_1 и R_2 и предиктантом СПЗ_y установлена связь с использованием уравнений регрессии.

Для водной депонирующей среды:

$$S_{y,r} = - 3,5796 + 3,2687 R_1 \quad (12)$$

Для почвенной депонирующей среды:

$$S_{y,n} = - 1,99 + 5,164 R_2 \quad (13)$$

Для вычисления комплексного СПЗ_y территории составлено двухкомпонентное уравнение регрессии:

$$\overline{\langle S_y \rangle} = a_0 + a_1 R_1 + a_2 R_2 = -1,9961 + 0,0097 R_1 + 5,1496 R_2 \quad (14)$$

Таким образом, при малом числе измерений, эксперт присваивает этой совокупности величины риска R_1 и R_2 , а затем по соответствующим уравнениям регрессии вычисляется величина либо частного СПЗ_y, либо комплексного $\langle S_y \rangle$. По попаданию вычисленного предиктанта в соответствующий диапазон оценивается экологическое состояние либо отдельной депонирующей среды, либо в комплексе.

Положение 2. Геоэкологические модели депонирующих сред территории ОАО «Ковдорский ГОК».

В ходе выполнения диссертационной работы был произведен покомпонентный анализ загрязнения водной депонирующей среды территории деятельности ОАО «Ковдорский ГОК» как по времени, так и по пространству. Были выявлены превышения ПДК по отдельным поллютантам и определены наиболее загрязненные точки пробоотбора.

Анализ результатов показал, что покомпонентный анализ позволяет выявить только основные источники загрязнения. При этом наблюдался стохастический характер колебания поллютантов по пространству и времени, связанный со сложной системой их массопереноса, случайными метеофакторами и текущими уровнями сброса загрязняющих веществ комбинатом. Колебания коэффициентов концентрации были достаточно велики. Эти факторы свидетельствуют о необходимости построения статистических моделей депонирующих сред, причем базовым параметром должен быть S_y , который и рассчитывается по разработанной методике.

На рисунке 2 приведен график динамики интегрального изменения S_y водной депонирующей среды усредненный по всей территории деятельности ОАО «Коворский ГОК». Усреднение производилось по пятнадцати точкам пробоотбора.

Данный график наглядно показывает, что до 2005 года состояние территории ценивалось как благоприятное. Уровень интегрального S_y водной депонирующей среды находился в рамках природного и, начиная с 2002 года, техногенного фона. В период с 2006 по 2008 гг. произошло увеличение уровня загрязнения водной депонирующей среды.

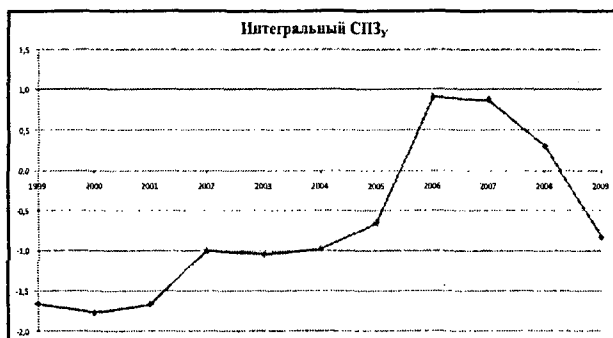


Рис. 2 График динамики водной депонирующей среды.

Область значений интегрального S_y не выходит за рамки экологической нормы в связи со щелочным характером природных вод территории. После проведенных в 2008 году природоохранных мероприятий по уменьшению пыления хвостованилища, ситуация стала меняться в положительную сторону, и в 2009 году значение СПЗу снова вернулось в область техногенного фона.

Знание только динамики процесса не позволяет рационально спланировать природоохранные мероприятия, так как не ясны пространственные характеристики агов загрязнения. Для решения этой задачи были построены картографические модели загрязнения депонирующих сред. Стандартная методика построения карт нована на равномерной сети наблюдений. Входные величины — покомпонентная концентрация поллютантов в различных точках пробоотбора. Построение карт по дельным поллютантам производится с использованием программного обеспечения Golden Software Surfer 8. Карта суммарного загрязнения строится путем наложения покомпонентных слоев, что возможно только для ограниченного числа поллютантов.

Сеть пробоотбора для водной среды, как правило, не равномерная, привязанная к основным источникам загрязнения. Поэтому стандартная методика построения ртографических моделей была модифицирована следующим образом.

1. Входными величинами модели являются значения S_y , вычисленные по выеизложенной методике во всех точках пробоотбора.

2. Вся территория горнодобывающего предприятия разбивается на три области. Первая, в которую входят карьер, ГОК, отвалы и селитебная зона, где сосредоточена большая часть точек пробоотбора. Вторая, включают входят хвостохранилище

и отстойники технологических вод, с малым числом точек пробоотбора. Между ними располагается третья область, где нет точек пробоотбора. На картографически моделируется центральная линия этой зоны обозначена как AA'.

В первой области карта строится по стандартной методике с проведением линий равного загрязнения (изолиний). Для каждой точки из второй области определяются “ближайшие соседи”, и интерполяция производится по выбранным кратчайшим расстояниям. Затем по линии AA' области объединяются, и полученная карта является пространственной геоэкологической моделью многокомпонентного загрязнения территории горнодобывающего предприятия.

По разработанной методике были построены геоэкологические модели обеих депонирующих сред. В качестве примера приведены три характерные карты для водной депонирующей среды (рис. 3 – 4) территории ОАО «Ковдорский ГОК». Почвенные пробы были отобраны по равномерной сети наблюдения в 35 точек. Пробоотбор проводился с глубины 10-15 см по методу конверта.

Анализ почв должен производиться по тем же компонентам, что и для водной депонирующей среды. Однако ряд показателей характерен только для водной депонирующей среды. Поэтому из 15 показателей были выбраны только девять, указанных в таблице 2. Железо отсутствует, поскольку это основной элемент месторождения, равномерно распределенный в почвенной депонирующей среде в значительных концентрациях. Не для всех этих компонентов для почвенной депонирующей среды установлены ПДК. Поэтому был произведен статистический анализ отношения и вестных для исследуемой территории фоновых значений компонентов к установленным ПДК. В среднем отношение ПДК к фоновым значениям оказалось равным двум.

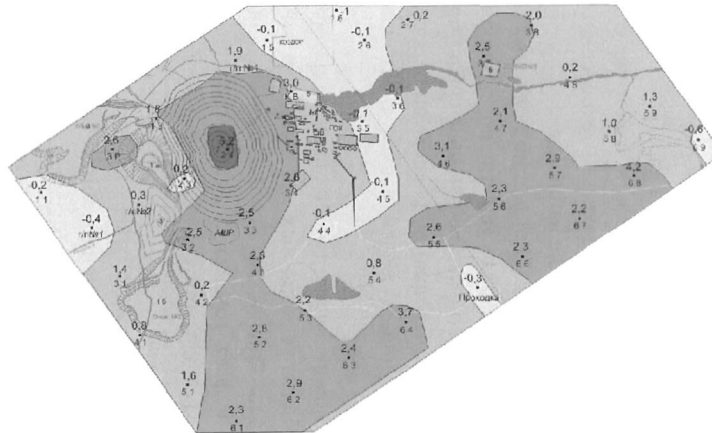
На этом основании для данной территории по известным фоновым значениям были вычислены территориальные ориентировочно допустимые концентрации (ТОДК) для поллютантов с неустановленными ПДК (Таблица 2).

Таблица 2 – Расчет территориальной ориентировочно-допустимой концентрации (ТОДК)

| Элемент | ПДК (мг/м ³) | фон (мг/м ³) | ПДК/фон | Нормируемые компоненты | Территориальный фон (мг/м ³) | ТОДК (мг/м ³) |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|---------|---------------------------|--|------------------------------|
| Цинк | 90 | 55 | 1,64 | Кальций | 4,5 | 9,0 |
| Медь | 33 | 30 | 1,10 | Магний | 2,8 | 5,6 |
| Никель | 50 | 20 | 2,50 | Нитраты | 42,3 | 84,6 |
| Свинец | 32 | 12 | 2,67 | Аммоний | 19 | 38,0 |
| Мышьяк | 6 | 2 | 3,00 | Нитриты | 31,1 | 62,2 |
| Марганец | 1500 | 1000 | 1,50 | Фосфаты | 146,8 | 293,6 |
| Ванадий | 150 | 90 | 1,67 | Марганец | 63,4 | 126,8 |
| | | | | Хлориды | 0,3 | 0,6 |
| | | | | Сульфаты | 0,8 | 1,6 |

Затем по разработанной методике была построена геоэкологическая модель загрязнения почвенной депонирующей среды (рис. 3).

Условные обозначения



| | |
|------------|-------------------------|
| 4 | Компенсированный кризис |
| 3 | Экологический риск |
| 2 | Экологическая норма |
| 1 | Экологическая норма |
| 0 | Техногенный фон |
| -1 | Техногенный фон |
| -3 | Природный фон |
| 2.9 | Значение СПЗУ |
| • 6 | Точки наблюдения |
| та. 10. 10 | Отвалы вскрышных пород |
| 2 | Карьер БАМР и МЖАР |
| 3 | Известковый карьер |
| 4 | Отвалы АШР |
| 5 | Отстойник карьерных вод |
| 6 | Водоочистные сооружения |
| □ | Контур хвостохранилища |

Рис. 3 Геоэкологическая модель почвенной депонирующей среды территории ОАО "Ковдорский ГОК" за 2009год

Проведенный анализ моделей водной депонирующей среды показал, что первоначально ее состояние в 1999 году было благоприятным, на уровне природного и техногенного фона.

Через 8 лет после увеличения производительности комбината, экологическое состояние водной депонирующей среды резко ухудшилось. Появились значительные области экологического риска и компенсируемого кризиса (рис. 4).

После проведенных в 2008 году природоохранных мероприятий по засеванию дамбы хвостохранилища травой геэкологическое состояние водной депонирующей среды существенно улучшилось. Остались отдельные зоны экологического риска но в целом ее состояние среды можно охарактеризовать как благоприятное.

Пространственный анализ загрязнения почвенной депонирующей среды показывает, что как и в случае загрязнения водной депонирующей среды, наблюдаются три неблагоприятные зоны. В зоне карьера наблюдается компенсируемый кризис. В зоне проходческого водоотлива, отстойника карьерных вод, хвостохранилища и извешкового карьера почвы попадают в область экологического риска. Остальные области находятся в ранге экологической нормы и техногенного фона. Природный фон для почвенной депонирующей среды не наблюдается.

Конфигурация различных областей для исследуемых депонирующих сред существенно различна, что объясняется существенно различными сетями пробоотбора, поскольку отбор проб водной депонирующей среды производился по существующей сети, а отбор почвенных проб по равномерной сети. Однако связь неблагоприятных зон по депонирующим средам в купе с источниками загрязнения подтверждена.

Регулярное загрязнение депонирующих сред территории, превышающее ПДК наблюдается только вблизи техногенных источников соответствующих компонентов. Не выявлено ни одного поллютанта сильно загрязняющего всю исследуемую территорию. Указанный факт говорит о низкой пространственной миграционной способности исследуемых поллютантов на территории деятельности ОАО «Ковдоцкий ГОК», исключая хлор, выбросы которого из селитровой зоны незначительны.

Превышение ПДК в отдельных точках наблюдается по следующим поллютантам: кальцию, магнию, и, соответственно, общей жесткости, марганцу, как элемент сопутствующему железу; сульфатам, вымываемым из отвалов вскрышных скальных пород; формам азота, возникающим при буровзрывных работах.

Концентрация железа, одного из добываемых компонентов, в водной депонирующей среде территории не превышает ПДК, что объясняется ее щелочным характером и невысокой степенью растворимости в ней железа.

Проанализированы корреляционные связи исследуемых компонентов с рН водной депонирующей среды в различных точках пробоотбора. При этом загрязнение железом и марганцем снижалось при увеличении рН за счет уменьшения их растворимости.

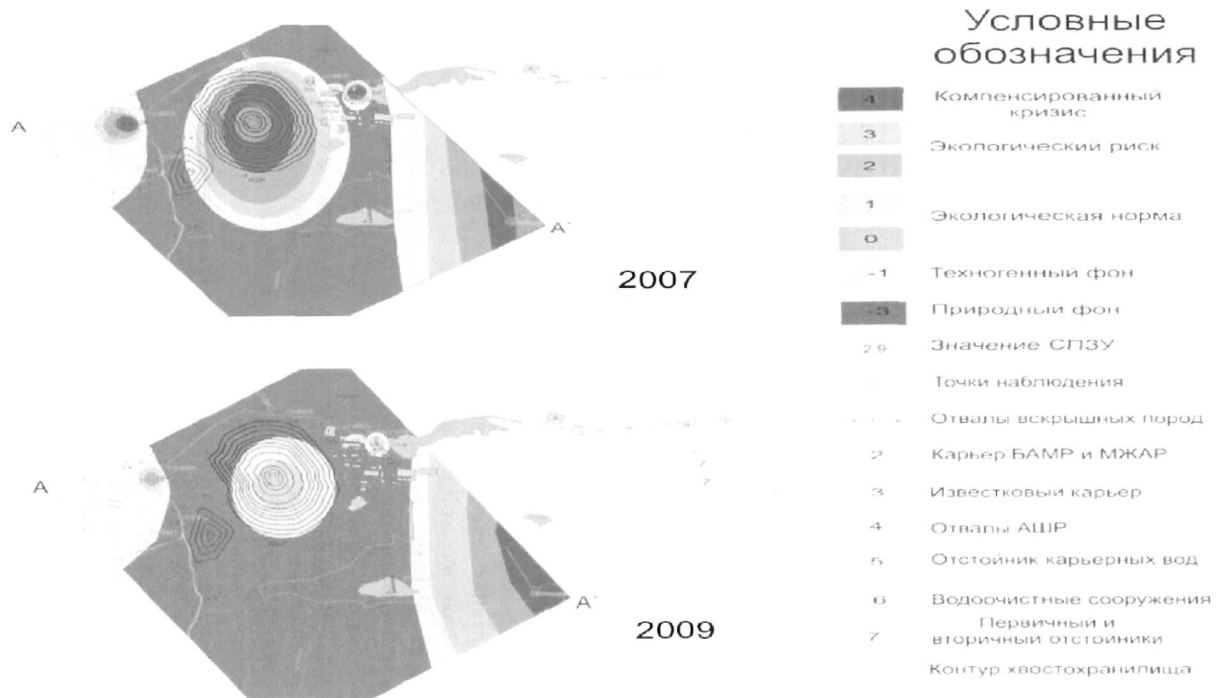


Рис. 4 Геоэкологические модели загрязнения водной депонирующей среды ОАО "Ковдорский ГОК" за 2007 и 2009 гг.

Положение 3 Комплексная геоэкологическая оценка депонирующих сред территории ОАО «Ковдорский ГОК» и универсальная система природоохран-ных мероприятий.

Для комплексного анализа загрязнения исследуемых депонирующих сред территории деятельности ОАО «Ковдорский ГОК» в 2009 году был произведен расчет средних значений S_y почв и вод всей территории. Также рассчитывались средне-квадратичные отклонения, и коэффициенты вариации. Результаты данных расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Интегральное загрязнение депонирующих сред территории ОАО «Ковдорский горно-обогатительный комбинат»

| Депонирующая среда | среднее S_y | Среднеквадратичное отклонение | Коэффициент ва-риации |
|--------------------|---------------|-------------------------------|-----------------------|
| S_y вода | -1,25 | 0,55 | 0,44 |
| S_y почва | 1,48 | 0,24 | 0,16 |

Водная депонирующая среда на территории деятельности комбината в 2009 году классифицируется как принадлежащая к природному фону, но близко к грани-це техногенного фона. Коэффициент вариации достаточно высокий, что свидетель-ствует о неравномерности загрязнения данной депонирующей среды. Большая част-территории может быть отнесена к природному фону, а вблизи источников загряз-нения наблюдается экологический кризис и риск. Воды территории имеют щелоч-ной характер, поэтому многие поллютанты в них слабо растворимы. Отсюда и бла-гоприятная экологическая обстановка по водной депонирующей среде территории.

Почвенная депонирующая среда территории классифицируется как принадле-жащая к экологической норме. Коэффициент вариации незначительный, что свиде-тельствует об относительно равномерном загрязнении на уровне экологической нормы при усреднении загрязнений путем ветрового переноса. Почвенная депони-рующая среда территории в большей степени накапливает загрязняющие вещества так как в целом ее реакция слабощелочная и миграция поллютантов затруднена.

Комплексный показатель геоэкологического состояния территории согласно уравнению (11), определяется как сумма S_y депонирующих сред. Для исследованной территории комплексный СПЗУ равен 0,115, то есть соответствует рангу экологиче-ской нормы, что опять объясняется щелочным характером пород, слагающих терри-торию комбината.

Далее проведена оценка комплексного геоэкологического состояния террито-рии ОАО «Ковдорский ГОК» по второй части методики, основанной на экспертных оценках, при несистематических измерениях.

Для этого взяты данные 2009 года для воды по гидропосту №1, проходческом водоотливу и ручью Железородному. В этих точках уровни загрязнения как близки так и существенно различаются. Данные по почве были взяты вблизи этих же точе-пробоотбора. Результаты экспертных оценок сведены в таблицу 4. На основе приве-денных в ней данных комплексный S_y территории, вычисленный по уравнению (14) равен 0,08, то есть находится в ранге экологической нормы. Полученный результа-при эвристическом анализе состояния территории всего по трем точкам близок к к-личественному, но несколько занижен. То есть, использование эвристической эк

ертной методики оценки геоэкологического состояния техногенно нагруженных территорий вполне возможно. Экспертный подход дает ошибки классификации только вблизи границ экологических рангов.

Таблица 4 – Экспериментальные и экспертные оценки загрязнения депонирующих территорий деятельности ОАО «Ковдорский горно-обогатительный комбинат»

| очка пробоотбора | S_v | R_1 | S_v | R_2 |
|------------------|-------|-------|--------|-------|
| Гидропост №1 | - 2,6 | 0,1 | - 0,37 | 0,2 |
| Проходка | 7,1 | 4,1 | - 0,32 | 0,2 |
| р. Железородный | - 2,6 | 0,1 | 1,92 | 0,7 |
| среднее | 1,9 | 1,47 | 1,23 | 0,37 |

Проведенные по разработанной методике исследования и анализ картографических моделей позволил предложить следующую обоснованную систему природоохранных мероприятий для действующих горнодобывающих предприятий.

1. По хвостохранилищам и проходческим водоотливам хвостохранилищ:

1.1. Хвостохранилища горнодобывающих предприятий являются техногенными источниками вторичного минерального сырья. Рекомендуется реализовать их вторичную переработку;

1.2. Для новых отходов производства следует организовать полигон хвостов с инобетонным водоупором, препятствующим попаданию загрязняющих веществ в одну депонирующую среду. Поверхность неразрабатываемых хвостов либо засеять травой, либо заливать специальными смолами с целью ликвидации их пыления;

1.3. Для эффективной очистки поверхностных стоков с хвостохранилищ должна быть организована дренажная система с биологической очисткой на полях фильтрации.

2. По карьере:

2.1. Организовать защиту бортов карьера от стоков, стекающих в карьер, отводя их в специальные отстойники карьерных вод;

2.2. Дренажные воды из карьера также откачивать в водоотстойники, организовав биологическую очистку технологических вод;

2.3. Снизить потери нефтепродуктов в карьере от специализированной техники, исключив заправочные работы в карьере.

2.4. Загрязненные технологические воды перебрасывать только по закрытым дротехническим каналам, организовав их очистку и вторичное использование;

2.5. Сильно загрязненные участки почвы подвергнуть разубоживанию;

3. По отвалам вскрышных пород:

3.1. Организовать вторичную переработку отвалов для извлечения полезных компонентов;

3.2. Использовать породу для изготовления строительного материала.

4. По предприятиям в целом:

4.1. Целесообразно проведение мониторинга комплексного геоэкологического состояния территории горнодобывающих предприятий по предложенной методике с

целью объективной оценки влияния комбината на природную среду и оценки эффективности природоохранных мероприятий.

4.2. Для эффективного планирования природоохранных мероприятий необходимо использовать разработанные картографические модели многокомпонентного загрязнения депонирующих сред, что позволит оценить пространственные характеристики очагов загрязнения и рационально реализовывать природоохранные мероприятия.

4.3. При планировании природоохранных мероприятий необходимо учитывать рН депонирующих сред, так как многие поллютанты в щелочной среде являются слаборастворимыми, и обладают невысокой миграционной способностью.

4.4. Флуктуации уровня загрязнения территории деятельности комбината связаны с метеорологическими факторами и атмосферным переносом поллютантов по розе ветров. Поэтому целесообразно использовать точечные биоиндикаторы атмосферного загрязнения территории в тех же точках пробоотбора, в которых производится отбор проб воды и почвы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В результате проведенных исследований решены следующие поставленные задачи:

1. Создана методика оценки геоэкологического состояния отдельных депонирующих сред, и геоэкологического состояния территории горнодобывающих предприятий в целом, позволяющая классифицировать их по степени экологической опасности. Методика основана на уточненном критерии загрязнения окружающей среды и отработана как для количественного анализа больших статистических выборок, так и для экспертного эвристического анализа малых рядов наблюдений.

2. Построены картографические модели пространственного загрязнения депонирующих сред территории ОАО «Ковдорский ГОК», позволяющие выделить экологически опасные участки территории и рационально планировать природоохранные мероприятия;

3. Создана обоснованная система природоохранных мероприятий для горнодобывающих предприятий, снижающих техногенную нагрузку на окружающую среду, эффективность которых оценивается по результатам мониторинга.

По результатам проведенных теоретических и экспериментальных исследований комплексное геоэкологическое состояние территории деятельности ОАО «Ковдорский ГОК» можно отнести к рангу «экологическая норма», то есть состояние депонирующих сред благоприятно для жизнедеятельности населения, несмотря на сложность добываемого в течение многих лет многокомпонентного сырья. Благоприятная обстановка объясняется двумя факторами. Во-первых, природными особенностями территории, воды которой имеют щелочной характер, обеспечивающую низкую растворимость в ней загрязняющих веществ, являющихся продуктами деятельности предприятия. Во-вторых, почвы территории имеют слабо щелочную реакцию, их мощность обычно не превышает десяти сантиметров. Они подвержены сильному выветриванию. Эти особенности почв приводят к тому, что основной вклад в комплексное загрязнение территории вносят именно почвы, загрязненность которых приближается к экологическому риску. Проведенные в 2008 году мероприятия по засеванию дамбы хвостохранилища травой, сделанные по промежуто

ым рекомендациям диссертационной работы, о чем имеется акт внедрения, позволили существенно улучшить геоэкологическое состояние территории деятельности АО «Ковдорский ГОК».

Разработанная методика комплексной оценки геоэкологического состояния территории деятельности горнодобывающих предприятий, картографические модели и система универсальных природоохранных мероприятий могут быть внедрены на всех горнодобывающих предприятиях, что позволит производить сравнительный анализ их геоэкологической эффективности, отслеживать ее динамику, и эффективно планировать природоохранные мероприятия.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Кульнев В. В., Комплексная методика геоэкологической оценки территории горнодобывающих предприятий // В. В. Кульнев, О. В. Базарский // Вестник МГОУ. Серия естественные науки, раздел «Науки о Земле. Экология» 11, №1 с. 143 – 148
2. Кульнев, В. В. Динамика и пространственное загрязнение природных вод территории деятельности ОАО «Ковдорский горно-обогатительный комбинат» / В.В. Кульнев // Вестник ВГУ, Серия Геология, 2010, №2 с. 302 – 313
3. Кульнев, В. В. Изучение загрязнения природных вод территории деятельности ОАО "Ковдорский ГОК" при помощи пространственно-временного анализа / В.В. Кульнев // Актуальные проблемы геологии докембрия, геофизики и геологии: материалы 21-й молодежной научной конференции, 18-25 окт. 2010 г. — СПб, 2010. — Т. 2. - С. 30-33.
4. Кульнев, В.В. Пространственно-временная динамика загрязнения поверхностных и подземных вод в районе деятельности ОАО "Ковдорский горно-обогатительный комбинат" / В.В. Кульнев // Материалы научной сессии Воронежского государственного университета. Секция экологической геологии.— Воронеж, 10. — Вып. 3. - С. 52-57.
5. Кульнев В. В. Применение корреляционного анализа для пространственно-временного изучения содержания сульфатов в природных водах в зоне влияния АО "Ковдорский ГОК" / В.В. Кульнев // Материалы научной сессии Воронежского государственного университета. Секция экологической геологии.— Воронеж, 2009 Вып. 2. - С. 63-66.
6. Кульнев, В. В. Корреляционный метод Пирсона как способ изучения процессов миграции форм азота в природных водах на территории деятельности ОАО "Ковдорский ГОК" / В.В. Кульнев // Обеспечение безопасности в чрезвычайных ситуациях: материалы 5-й Международной научно - практической конференции, г. Воронеж, 16 дек. 2009 г. — Воронеж, 2009. — Ч. 2. - С. 98-102.
7. Кульнев, В. В. Применение корреляционного анализа для пространственно-временного изучения содержания кальция в природных водах в зоне влияния ОАО "Ковдорский ГОК" / В.В. Кульнев // Геологи 21 века: материалы 10-й Всерос. уч. конф. студ., аспирантов и молодых специалистов, г. Саратов, 8-10 апр. 2009 г. Саратов, 2009. — С. 82-84.
8. Кульнев, В. В. Применение корреляционного метода Пирсона для изучения процессов миграции форм азота в природных водах на территории деятельности ОАО

"Ковдорский ГОК" / В.В. Кульнев, О.В. Базарский // Геологические опасности: материалы 15-й всерос. конф. с междунар. участием.— Архангельск, 2009 .— С. 264-266.

9. Кульнев, В.В. Пространственно-временное изучение содержания магния в природных водах на территории деятельности ОАО "Ковдорский ГОК" при помощи корреляционного анализа / В.В. Кульнев // Геологи 21 века: материалы 10-й Всерос. науч. конф. студ., аспирантов и молодых специалистов, г. Саратов, 8-10 ап 2009 г. — Саратов, 2009 .— С. 84-86.

10. Кульнев, В.В. Пространственно-временное изучение содержания фосфатов в природных водах на территории деятельности ОАО "Ковдорский ГОК" п помощью корреляционного анализа / В.В. Кульнев // Материалы научной сессии Воронежского государственного университета. Секция экологической геологии.— Воронеж, 2009 .— Вып. 2. - С. 61-63.

11. Кульнев, В. В. Эколого-гидрохимическая оценка природных вод территории деятельности ОАО "Ковдорский ГОК" / В.В. Кульнев, О.В. Базарский // Сегаевские чтения. Международный год планеты Земля: задачи геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии: материалы годичной сессии Науч. совета РАН проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, 20-21 марта 2008 — М., 2008 .— С. 323-326.

12. Кульнев, В.В. Анализ корреляционных связей между загрязнением природных вод / В.В. Кульнев // Материалы научной сессии Воронежского государственного университета. Секция экологической геологии.— Воронеж, 2008 .— С. 53-55.

13. Кульнев, В.В. Применение корреляционного анализа в целях пространственно-временного изучения содержания марганца в природных водах на территории деятельности ОАО "Ковдорский ГОК" // Обеспечение экологической безопасности чрезвычайных ситуаций: материалы 4-й Междунар. науч. - практ. конф. (г. Воронеж, 12 дек. 2008 г.).— Воронеж, 2008 .— Ч. 4. - С. 107-109.

14. Кульнев, В.В. Анализ корреляционных связей форм азота, железа фосфатов с водородным показателем природных вод на территории деятельности ОАО "Ковдорский ГОК" / В.В. Кульнев // Гидрометеорологическое обеспечение Экологическая безопасность и мониторинг: сб. науч. - метод. материалов.— Воронеж, 2007 .— Вып. 30, ч. 1. - С. 87-92.

15. Кульнев, В.В. Эколого-гидрохимическая оценка загрязнения природных формами азота в зоне влияния ОАО "Ковдорский ГОК" / В.В. Кульнев // Обеспечение экологической безопасности в чрезвычайных ситуациях: материалы 2-й Междунар. уч. - практ. конф., 21 дек. 2006 г. — Воронеж, 2006 .— Ч. 2. - С. 216-223.

Подписано в печать 03.05.11. Формат 60×84 1/16. Усл. печ. л 1,6.
Тираж 100 экз. Заказ 777

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии ООО «А3+»
394000, Воронеж, ул. Пушкинская, 39