

ЭКСПЕРТНЫЕ МЕТОДЫ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РАЙОНОВ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ ОСАДОЧНЫХ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД

EXPERT METHODS FOR ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL-GEOLOGICAL CONDITIONS IN AREAS OF MINING AND PROCESSING OF CARBONATE RAW MATERIALS

КОСИНОВА И.И.

Заведующая кафедрой экологической геологии геологического факультета Воронежского государственного университета, д.г.-м.н., г. Воронеж, kosinova777@yandex.ru

БАЗАРСКИЙ О.В.

Профессор общеуниверситетской кафедры физики и химии Военного авиационного инженерного университета, д.ф.-м.н., г. Воронеж, arhangel'skaya49@mail.ru

ЗАРИДЗЕ М.Г.

Аспирант кафедры экологической геологии геологического факультета Воронежского государственного университета, г. Воронеж, mzaridze@mail.ru

KOSINOVA I.I.

Head of the ecological geology chair of the geology faculty of the Voronezh State University, PhD (doctor of science in Geology and Mineralogy), professor, Voronezh, kosinova777@yandex.ru

BAZARSKY O.V.

Professor of the all-university chair of physics and chemistry of the Military Aviation Engineering University, PhD (doctor of science in Physics and Mathematics), Voronezh, arhangel'skaya49@mail.ru

ZARIDZE M.G.

Postgraduate student of the ecological geology chair of the geology faculty of the Voronezh State University, Voronezh, mzaridze@mail.ru

Ключевые слова:

эколого-геологические системы (ЭГС); месторождения карбонатного сырья; инфраструктура; карьеры; цементная промышленность; экспертная оценка; матрица Леопольда; количественные параметры.

Key words:

ecological-geological systems; deposits of carbonate raw materials; infrastructure; quarries; cement industry; expert assessment; matrix of Leopold; quantitative characteristics.

Аннотация

В статье представлен метод количественной оценки эколого-геологических условий территорий с использованием матрицы Леопольда. Оценочные поля этой матрицы включают анализ техногенного преобразования компонентов эколого-геологических систем (ЭГС) районов добычи и переработки карбонатного сырья под влиянием фиксированных факторов.

Abstract

The article presents a quantitative assessment method of the ecological-geological conditions of territories using the matrix of Leopold. Evaluation fields of the matrix include analysis of technogenic transformation of components of ecological-geological systems in areas of mining and processing of carbonate raw materials under influence of certain factors.

Разработка месторождений карбонатного сырья (КС) формирует специфические эколого-геологические системы (ЭГС), состав и свойства которых зависят от их техногенной инфраструктуры. Авторы предлагают понимать под ней комплекс техногенных производственных циклов и природных объектов, обеспечивающих процесс добычи и переработки карбонатного сырья. Рассмотрим основные отличительные особенности этой инфраструктуры.

1. Приуроченность карьеров к территориям с высокой плотностью населения. Авторами проведена систематизация данных по размещению предприятий по добыче и производству карбонатного сырья (ИДиП КС) на территории России (табл. 1). При этом выявлено, что около 90% карбонатных месторождений, разрабатываемых для цементной промышленности, расположено в пределах городских и сельских поселений. К таким месторождениям относятся [6]:

- Сокольско-Ситовское (известняки);
- Себряковское (мел, глины);
- Борисовское (известняки);
- Пикалевское (известняки, глины);
- Фокинское (мел, глины);
- Белгородское (мел);
- Подгоренское (мергель);
- Шеинское (известняки, глины);
- Донское (известняки) и т.д.

2. Комплексное взаимодействие разрабатываемых карьеров и предприятий по переработке сырья и про-



изводству цемента. Практически все крупные цементные заводы России пространственно приурочены к месторождениям карбонатного сырья (см. табл. 1) [6].

Добыча и переработка карбонатного сырья включает следующие *основные производственные циклы*:

- разработка карьеров: снятие и селективное захоронение плодородного слоя почвы; обработка вскрышных пород, формирование отвалов;
- строительство предприятий по переработке карбонатного сырья;
- добыча полезного ископаемого: его дробление с использованием буровзрывных работ и механического рыхления; погрузка горной массы с помощью экскаваторов; транспортировка автосамосвалами и желез-

нодорожным транспортом; отвалообразование некондиционной породы; рекультивационные работы;

- переработка карбонатных пород:
 - дробильно-сортировочные работы (дробление, сортировка, обогащение), сопровождаемые значительным пылением;
 - производство цемента: производство шлама для изготовления клинкера с использованием карбонатного сырья; обжиг сырьевой смеси (шлама) во вращающихся печах различной длины и диаметра при температуре 900–1200 °С (в холодной части печи на расстоянии 3–5 м устанавливают фильтры-подогреватели, уменьшающие расход тепла на 210 кДж/кг и снижающие запыленность отходя-

Таблица 1

Сырьевая база наиболее крупных цементных заводов России		
Завод	Месторождение сырья	Расположение
ОАО «Себряковцемент»	Себряковское (мел, глины)	Волгоградская обл.
ООО «Тамбов-цемент»	Борисовское (известняки)	г. Тамбов
ЗАО «Пикалевский цемент»	Пикалевское (известняки, глины)	г. Пикалево Ленинградской обл.
ЗАО «Мальцовский портландцемент»	Фокинское (мел, глины, трепел)	г. Фокино Брянской обл.
ЗАО «Осколцемент»	Стойленское (мел, глины)	г. Старый Оскол Белгородской обл.
ЗАО «Белгородский цемент»	Белгородское (мел)	г. Белгород
ОАО «Сухоложскцемент»	Ново-Сухоложское (аргиллиты Нового карьера)	г. Сухой Лог Свердловской обл.
ЗАО «Невьянский цементник»	«Шуралинский карьер» (известняки, глины)	п. Цементный Невьянского р-на Свердловской обл.
ОАО «Новотроицкий цементный завод»	Новотроицкое (известняки, доломитизированные известняки, доломиты)	г. Новотроицк Оренбургской обл.
ОАО «Мордовцемент»	Алексеевское (опоки и мел Ванькинского карьера)	пгт Комсомольский (Мордовия)
ЗАО «Кавказцемент»	Усть-Джегутинское (известняки, глины)	г. Черкесск-15 (Карачаево-Черкессия)
ЗАО «Ульяновскцемент»	Широковское (мел)	г. Новоульяновск Ульяновской обл.
ЗАО «Жигулевские стройматериалы»	«Яблоневый овраг» (известняки)	г. Жигулевск Самарской обл.
ЗАО «Катавский цемент»	«Гора Груздовник» (мергель)	г. Катав-Ивановск Челябинской обл.
ЗАО «Подгоренский цементник»	Подгоренское (мергели)	пгт Подгоренский Воронежской обл.
ОАО «Магнитогорский цементно-огнеупорный завод»	Смеловское (известняки), Приуральское (глины)	г. Магнитогорск Челябинской обл.
ОАО «Уралцемент»	Шейнское (известняки, глины)	г. Коркино Челябинской обл.
ЗАО «Липецкцемент»	Сокольско-Ситовское (известняки Сокольского участка)	г. Липецк Липецкой обл.
ЗАО «Савинский цементный завод»	Огарковское (известняки), Шелековское (глины)	Плесецкий р-н Архангельской обл.
ОАО «Новоросцемент»	Новороссийское (мергель)	г. Новороссийск Краснодарского кр.
ОАО «Вольскцемент»	«Большевик» (мел)	г. Вольск Саратовской обл.
ОАО «Щуровский цемент»	Щуровское (известняки, глины)	г. Коломна Московской обл.
ОАО «Воскресенскцемент»	Афанасьевское (известняки, мергели)	г. Воскресенск Московской обл.
ООО «Топкинский цемент»	Соломинское (известняки, глины)	г. Топки Кемеровской обл.
ОАО «Искитимцемент»	Чернореченское (известняки, глинистые сланцы)	г. Искитим Новосибирской обл.
ОАО «Горнозаводскцемент»	Ново-Пашийское (известняки, глинистые сланцы)	г. Горнозаводск Пермского кр.
ОАО «Ангарский цементно-горный комбинат»	«Перевал» (мраморизированные известняки одноименного карьера, г. Слюдянск)	г. Ангарск Иркутской обл.
ОАО «Спасскцемент»	Спасское (известняки, глины), Длинногорское (известняки), Кулешовское (глины)	г. Спасск-Дальний Приморского кр.
ОАО «Производственное объединение «Якутцемент»»	Сасабытское (известняки, суглинки)	п. Мохсоглох (Якутия)
ООО «Красноярский цемент»	Торгашинское (известняки), Кузнецовское (глины)	г. Красноярск Красноярского кр.

щих газов до 2–3%; повышение температуры газов и их запыленности приводит к загустеванию шлама; на этом участке технологического цикла резко возрастает пыление); помол полученного на выходе из печи клинкера в трубных мельницах открытого или замкнутого цикла (также сопровождается значительным пылением).

Отдельные вопросы разработки месторождений карбонатного сырья и соответствующих производственных циклов фрагментарно рассмотрены в работах [1, 2, 4, 5]. В.В. Бурмистровой предложены рациональные ресурсосберегающие технологии комплексного использования такого сырья с карьеров Ленинградской области [1]. Н.И. Самбуловым выявлено, что при разработке месторождений карбонатного сырья значительно трансформируется рельеф, загрязняются грунтовые воды, развивается подтопление, обусловленное техногенным изменением естественного стока. В зонах влияния дробильного производства формируются литогеохимические аномалии [4]. М.А. Земляной на примере Новороссийского месторождения мергеля обосновал технологическую схему добычи минерального сырья во взаимосвязи с производством цемента с целью снижения в нем уровня вредных примесей [2]. К.В. Шаровым предложены экологически чистые методы невзрывного направленного разрушения пород на основе расширяющейся цементной смеси при разработке гипсовых месторождений [5].

Авторами настоящей статьи в рамках проблем ИДиП КС были рассмотрены различные виды карбонатного сырья, сроки эксплуатации, этапы консервирования и виды разработки его месторождений с целью количественной оценки изменения эколого-геологических условий в районах добычи и переработки этих полезных ископаемых. В данной публикации представлен метод количественной оценки эколого-геологических условий территорий с использованием матрицы Леопольда. Оценочные поля этой матрицы включают анализ техногенного преобразования компонентов эколого-геологических систем (ЭГС) районов добычи и переработки карбонатного сырья под влиянием фиксированных факторов.

На первом этапе методом экспертных оценок по матрице Леопольда авторами выявлены особенности влияния ИДиП КС на прилегающие территории. Эта матрица представляет собой контрольный список, включающий качественную информацию о взаимосвязях типа «причина — следствие» и одновременно являющийся источником информации о результатах действия этих взаимосвязей [3]. Данная модель позволяет оценить степень воздействия отдельных циклов разработки и производства цементного сырья на различные элементы эколого-геологических систем. Также она дает возможность дальнейшей математической формализации информации по различным объектам и сферам воздействия.

В рамках поставленной задачи авторами составлена матрица Леопольда, включающая 16 источников, оказывающих воздействие на 10 компонентов эколого-геологической системы. Значимость экологических аспектов определялась суммированием следующих параметров воздействия на эколого-геологические системы прилегающих территорий: экспозиции (характеристики степени воздействия), обратимости процессов, их времен-

ных параметров. Матрица не содержит рекомендации по процедурам проверки, которые следует выполнять после завершения действия, однако она показывает направление изменения ЭГС, среди которых возможно накопление загрязнений и других негативных воздействий.

При построении матрицы используется балльный подход, причем по горизонтали размещаются элементы эколого-геологической системы, испытывающие влияние ИДиП КС, а по вертикали — источники воздействия на ЭГС (табл. 2).

Для заполнения матрицы Леопольда предлагаются следующие **критерии оценки воздействия**:

- *по времени*: постоянное — 3 балла; циклическое — 2 балла; разовое — 1 балл;
- *по интенсивности*: сильное — 3 балла; среднее — 2 балла; слабое — 1 балл;
- *по обратимости*: необратимое — 3 балла; частично обратимое — 2 балла; обратимое — 1 балл.

При необратимых процессах первоначальное равновесное состояние среды не может быть достигнуто естественным путем — система переходит в иное равновесное состояние. Частично обратимое состояние системы формируется в случае ее преобразования при сохранении отдельных прежних параметров и формировании новых качественных и количественных характеристик. При обратимых процессах восстановление среды происходит естественным путем. При этом внешнее воздействие незначительно, действуют природные процессы самоочищения среды. Система возвращается в первоначальное состояние с теми же самими параметрами.

На втором этапе для количественной характеристики техногенной нагрузки на эколого-геологические системы ИДиП КС рассчитано процентное соотношение вероятности значимого воздействия i -го источника на все элементы эколого-геологической системы и вероятности значимого воздействия всех источников на j -й элемент ЭГС при помощи приведенных ниже математических выражений.

Вероятность негативного воздействия за счет i -го источника по строке матрицы Леопольда предлагается рассчитывать по формуле

$$P_{i\Sigma} = N_{ист.} / N_{общ.}, \quad (1)$$

где $N_{ист.}$ — сумма баллов воздействия от i -го источника; $N_{общ.}$ — сумма баллов воздействия на элементы эколого-геологической системы в заданной матрице.

Вероятность встречаемости элементов ЭГС, испытывающих значимое воздействие от i -го источника, рассчитывается по формуле

$$P_{iзнач.} = n_{знач.} / n_{общ.эл.} \quad (2)$$

где $n_{знач.}$ — количество элементов эколого-геологической системы, испытывающих значимое воздействие от i -го источника (элемент считается значимым, если по экспертной оценке он подвержен трансформации); $n_{общ.эл.}$ — общее рассматриваемое количество элементов ЭГС.

Вероятность значимого воздействия i -го источника на элементы ЭГС по строке матрицы Леопольда может быть определена по формуле



$$P_{знач.} = P_{\Sigma} \times P_{знач.} \quad (3)$$

Вероятность негативного воздействия источников на *j*-й элемент эколого-геологической системы по столбцу матрицы Леопольда рассчитывается аналогично.

Процент значимого воздействия определяется по формуле

$$P = P' / \Sigma P \times 100\%, \quad (4)$$

где *P'* — вероятность значимого воздействия в столбце/строке матрицы Леопольда; ΣP — суммарное значимое воздействие от всех источников на все элементы ЭГС.

Вероятность встречаемости незначимого воздействия рассчитывается по формуле

$$P_{незн.} = 1 - P. \quad (5)$$

Данный математический аппарат использован авторами при экспертных оценках степени воздействия ИДиП КС на эколого-геологические системы прилегающих территорий на примере ряда месторождений карбонатного сырья в пределах Восточно-Европейской

платформы. В результате расчетов выявлены основные экологические мишени, а также технологические циклы, оказывающие воздействие в наибольшей степени (табл. 3, 4).

Оценка ИДиП КС с использованием матрицы Леопольда показала, что наиболее сильные воздействия на элементы эколого-геологической системы, имеющие главным образом обратимый характер, оказывают два основных производственных цикла:

- добыча полезного ископаемого: обработка горной породы при помощи буровзрывных работ (выявленный уровень воздействия составляет 11,06% от общей интенсивности воздействий), транспортировка горной массы автосамосвалами (12,98%), а также отвалообразование некондиционной породы (10,42%);
- переработка карбонатных пород, а именно производство цементного сырья: обжиг шлама (10,26%), помол клинкера (9,94%), дробильно-сортировочные работы (6,89%).

По временным параметрам в качестве постоянно действующих факторов выступают: транспортировка горной массы автосамосвалами, обжиг шлама и помол клинкера, дробильно-сортировочные работы и частично отвалообразование некондиционной породы. Цик-

Таблица 2

Матрица Леопольда. Экспертная оценка инфраструктуры по добыче и переработке карбонатного сырья*										
Источник воздействия	Элементы эколого-геологической системы									
	Приповерхностный слой атмосф.	Недра	Рельеф	Почвы (плодородие)	Почвы (химич. загрязн.)	Подземн. воды	Поверхностные воды	Животн. мир	Растит. мир	Здоровье населения
Снятие почв	□ Ц О		□ Ц О	□□□ Ц О	□ Ц О			□□□ П Н/О	□□□ П Н/О	
Селективное захоронение почв	□ Ц О		□□ Ц О	□□□ Ц О				□ Ц О	□ Ц О	
Обработка вскрышных пород	□ Ц О	□□□ Ц О	□□□ Ц О			□□□ Ц Ч		□ Ц Ч	□□□ П Н/О	
Отвалообразование вскрышных пород	□ Ц О		□□□ Ц О					□ Ц О	□ Ц О	
Строительство предприятий по переработке КС	□ Ц О		□ П О	□□□ П Н/О	□ Ц О			□□□ Р О	□□ Р О	
Добыча КС (буровзрывные работы)	□□□ Ц О	□□□ П Н/О	□□□ Ц О	□□ Ц О	□□ Ц О			□□ Ц О	□□ Ц О	□□ Ц О
Добыча КС (механическое рыхление)	□ Ц О	□□□ П Н/О	□□□ Ц О			□				
Погрузка горной массы экскаваторами	□ П О				□ П О					
Транспортировка горной массы автосамосвалами	□□□ П О	□□ П О	□□ П О	□□ П О	□□□ П О			□□□ П О	□□□ П О	□□□ П О
Транспортировка горной массы ж/д транспортом	□ Ц О		□□ Ц О		□ Ц О			□□ Ц О	□ Ц О	
Отвалообразование некондиционной породы	□□ П О		□□□ П О	□□ Ц О	□□ Ц О	□ П О		□□ Ц О	□□ Ц О	□ П О
Дробильно-сортировочные работы	□□□ П О			□□ П О	□□ П О			□□□ П О	□□ П О	□□ П О
Производство цементного сырья (шлама)	□□ П О			□ П О	□ П О			□ П О	□ П О	□ П О
Обжиг шлама	□□□ П О			□□□ П О	□□□ П О		□□ П О	□□□ П О	□□□ П О	□□□ П О
Помол клинкера	□□□ П О			□□□ П О	□□□ П О		□□ П О	□□ П О	□□□ П О	□□□ П О
Рекультивационные работы	□ Р О		□□ П Н/О	□□ П О	□□ П О					

* Критерии оценки воздействия: (1) по времени: П — постоянное, 3 балла; Ц — циклическое, 2 балла; Р — разовое, 1 балл; (2) по интенсивности: □□□ — сильное, 3 балла; □□ — среднее, 2 балла; □ — слабое, 1 балл; (3) по обратимости: Н/О — необратимое, 3 балла; Ч — частично обратимое, 2 балла; О — обратимое, 1 балл.

лические воздействия оказываются в процессе добычи сырья при буровзрывных работах (здесь постоянны по времени нарушения недр, характер изменений которых необратим), а также в некоторых случаях при отвалообразовании некондиционной породы (при влиянии на почвы, растительный и животный мир). При воздействиях со стороны буровзрывных работ, транспортировки горной массы автосамосвалами, обжига шлама и дробильно-сортировочных работ влияние на почвы обратимо.

Также *значимые воздействия* оказывают:

1) разработка карьера:

- отработка вскрышных пород (7,05%; воздействие носит циклический характер, за исключением постоянного по времени и необратимого угнетения растительности; частично обратимым является состояние подземных вод и животного мира; остальные параметры компонентов ЭГС обратимы);
- снятие почв (6,57%; для растительного и животного мира воздействие постоянно по времени и необратимо; для рельефа оно является циклическим и обратимым);

- 2) строительство предприятий по переработке карбонатного сырья (5,61%; в зависимости от компонента среды, испытывающего нагрузку, данное воздействие по времени проявляется как разовое, циклическое или постоянное, главным образом обратимое; в частном случае оно носит необратимый характер при влиянии на плодородие почв);
- 3) переработка карбонатных пород — производство цементного сырья, то есть шлама (5,61%; данное воздействие на компоненты природной среды постоянно по времени и носит обратимый характер).

Незначительные воздействия оказывают: селективное захоронение почв (3,1%), рекультивационные работы (3,52%), транспортировка полезного ископаемого железнодорожным транспортом (3,21%), отвалообразование вскрышных пород (2,08%), добыча карбонатного сырья при помощи механического рыхления (1,6%), погрузка горных пород экскаваторами (0,48%). Данные виды воздействий являются главным образом циклическими по времени и имеют обратимый характер (исключение составляют рекультивационные работы).

Из элементов эколого-геологической системы *воздействия в наибольшей степени испытывают*:

Таблица 3

Степень воздействия отдельных источников ИДиП КС на эколого-геологическую систему					
Источник воздействия	Сумма баллов воздействия на все элементы	Вероятность вредного воздействия за счет <i>i</i> -го источника $P_{i\Sigma} = N_{ист.} / N_{общ.}$	Вероятность встречаемости элементов ЭГС, испытывающих значимое воздействие от <i>i</i> -го источника $P_{iзнач.} = n_{знач.} / n_{общ.эл.}$	Вероятность значимого воздействия <i>i</i> -го источника на ЭГС $P = P_{i\Sigma} \times P_{iзнач.}$	Доля от значимого воздействия на ЭГС отдельного источника, %
Снятие почв	36	0,068	0,6	0,041	6,57
Селективное захоронение почв	23	0,044	0,5	0,022	3,52
Отработка вскрышных пород	37	0,074	0,6	0,044	7,05
Отвалообразование вскрышных пород	18	0,034	0,4	0,013	2,08
Строительство предприятий по переработке КС	31	0,059	0,6	0,035	5,61
Добыча КС (буровзрывные работы)	46	0,087	0,8	0,069	11,06
Добыча КС (механическое рыхление)	19	0,036	0,3	0,01	1,60
Погрузка горной массы экскаваторами	10	0,019	0,2	0,003	0,48
Транспортировка горной массы автосамосвалами	53	0,101	0,8	0,081	12,98
Транспортировка горной массы ж/д транспортом	22	0,041	0,5	0,020	3,21
Отвалообразование некондиционной породы	43	0,082	0,8	0,065	10,42
Дробильно-сортировочные работы	38	0,072	0,6	0,043	6,89
Производство цементного сырья (шлама)	31	0,059	0,6	0,035	5,61
Обжиг шлама	48	0,091	0,7	0,064	10,26
Помол клинкера	47	0,089	0,7	0,062	9,94
Рекультивационные работы	23	0,044	0,4	0,017	2,72
Вероятность полной группы воздействий источников	525	1,000	-	0,624	100,00



Степень аддитивного воздействия источников ИДП КС на отдельные компоненты эколого-геологической системы					
Элементы ЭГС	Сумма баллов воздействия от всех источников	Вероятность вредного воздействия всех источников на <i>j</i> -й элемент ЭГС $P_{j\Sigma} = N_{\text{элемент}} / N_{\text{общ.}}$	Вероятность встречаемости значимых источников воздействия для <i>j</i> -го элемента ЭГС $P_{j\text{знач.}} = n_{\text{знач.}} / n_{\text{общ.источ.}}$	Вероятность воздействия значимых источников на <i>j</i> -й элемент ЭГС $P = P_{j\Sigma} \times P_{j\text{знач.}}$	Доля значимого воздействия на ЭГС всех источников, %
Приповерхностный слой атмосферы	82	0,156	1,000	0,156	22,08
Недра	30	0,057	0,250	0,014	1,98
Рельеф	64	0,122	0,687	0,084	11,87
Почвы (плодородие)	68	0,129	0,687	0,089	12,58
Почвы (химическое загрязнение)	65	0,124	0,750	0,093	13,15
Подземные воды	12	0,024	0,125	0,003	0,43
Поверхностные воды	12	0,023	0,125	0,002	0,28
Животный мир	74	0,141	0,812	0,114	16,13
Растительный мир	76	0,144	0,812	0,117	16,55
Здоровье населения	42	0,080	0,437	0,035	4,95
Вероятность полной группы воздействий на элементы	525	1,000	-	0,707	100,00

- приповерхностный слой атмосферы (22,08 % от общей интенсивности; воздействия являются постоянными, реже циклическими по времени; состояние атмосферы при этом обратимо);
- растительный (16,55%) и животный (16,13%) мир (воздействия носят как обратимый, так и необратимый характер; по времени они чаще всего являются постоянными или циклическими, реже разовыми);
- почвы (13,15% от общей интенсивности составляет их химическое загрязнение; по времени воздействия оно является постоянным или циклическим, по характеру — обратимым или слабого уровня обратимости; ухудшение плодородия составляет 12,58%).

Изменения в рельефе местности оцениваются величиной 11,87% (воздействие циклическое, реже постоянное, по характеру обратимое, при рекультивационных работах необратимое).

Здоровье населения испытывает влияние, составляющее 4,95% от общей интенсивности воздействий на элементы ЭГС. Оно постоянно по времени, характеризуется обратимостью.

Воздействие на недра составляет 1,98% от общей интенсивности. При добычных работах оно постоянное и необратимое, при отработке вскрышных работ — циклическое и обратимое, при транспортировке горной массы автосамосвалами — постоянное и обратимое.

На подземные (0,43%) и поверхностные воды (0,28%) оказывается минимальное воздействие, чаще всего обратимое и постоянное (исключение составляет влияние на подземные воды со стороны вскрышных работ, являющееся циклическим и частично обратимым).

Таким образом, на основе изложенного в статье можно сделать следующие **выводы**.

1. Используемая в данной работе методика позволила выделить основные экологические мишени и источники воздействия, преобразующие природные эколого-геологические системы. К первым относятся приповерхностный слой атмосферы, растительный и животный мир. Основными инструментами воздействия

являются буровзрывные работы при добыче полезного ископаемого и технологические циклы производства цемента при его переработке.

2. Достоинством методики, основанной на экспертных оценках, является возможность не только получить качественную картину преобразования эколого-геологических систем в районах добычи и переработки карбонатного сырья, но и дать количественную оценку степени их преобразования. Подобный подход позволяет повысить уровень достоверности экспертной оценки, дает возможность сравнения экологической эффективности различных вариантов разработки месторождений и безопасности применяемых технологий. 🔄

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурмистрова В.В. Проблемы переработки и утилизации Ca-содержащих отходов горного производства Ленинградской области в условиях рыночной экономики // Тезисы докладов 3-й Санкт-Петербургской ассамблеи молодых ученых и специалистов. СПб., 1998. С. 30.
2. Земляной М.А. Оптимизация технологической схемы разработки мергеля для производства цемента // Материалы 5-й Международной научной конференции «Проблемы геологии, геоэкологии и минерагении Юга России и Кавказа». Новочеркасск: Изд-во ЮРГТУ (НПИ), 2006. С. 250–254.
3. Ионин В.А., Щипанов Ю.Б. Временные методические рекомендации по оценке на стадии ТЭО воздействия на окружающую среду (ОВОС) подземных сооружений для строительства в г. Москве. М.: Мосинжпроект, Центр практической геоэкологии МГУ, 1995 46 с.
4. Самбулов Н.И. Методические основы геоэкологического мониторинга районов горнодобывающих предприятий // Совершенствование наземного обеспечения авиации: межвузовский сборник научных трудов. Воронеж: Изд-во ВВАИИ, 2002. С. 84–88.
5. Шаров К.В. Обоснование эффективного метода контроля толщины камер при подземной разработке гипсового месторождения // Материалы научной конференции МГГА. М.: Изд-во МГГА, 1994. С. 163.
6. Электронные каталоги геологической изученности месторождений, карьеров России / Сайт «Rusnedra. Месторождения, карьеры России». 2013. URL: <http://tvnedra.ru>.