

вок, що саме в верхній частині каналу, спостерігається найбільш інтенсивне витікання мастила з каналу.

На обох графіках очевидним є те, що вони починаються та закінчуються на нульових значеннях швидкості через те, що швидкість на стінці каналу моделі дорівнює нулю.

**Висновки.** В радіальних каналах дискових обмоток трансформатора, ширина яких складає 1 мм, наявна природна циркуляція охолоджуючої рідини.

В нижній частині радіального каналу спостерігається витікання мастила в канал, а в верхній – витікання з нього. Швидкість течії мастила в центральній частині горизонтального каналу коливається біля значення 0 м/с (рис.3,а), а це означає, що наскрізний рух мастила в радіальному каналі при умовах, що досліджуються, неможливий.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Протокол испытаний ОАХ 128 159.066. Исследование теплоотдачи обмоток с радиальной шириной 50 мм при естественном движении масла. Введен 23.11.76 / Ю. А. Михайловский, Л. В. Васильев, И. И. Щукина, — Запорожье, ВИГ, — 976. — 68 с.
2. Ільїн С. В. Дослідження методів зниження витрат матеріалів у галузі трансформаторобудування / С. В. Ільїн, І. Г. Яковлева, М. С. Мальований // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2011. — № 2., — С.139—141.
3. Киш Л. Нагрев и охлаждение трансформаторов. Серия «Трансформаторы». Выпуск 36. Перевод с венгерского/ Л. Киш – М. : Энергия, — 1980. — 208 с. : ил.
4. Готтер Г. Нагрев и охлаждение электрических машин/ Г. Готтер – М. : Энергоиздат, — 1956. — 480 с. : ил.

пост. 31.08.12

## Математическое моделирование физико-технологических особенностей разработки каменноугольных месторождений и ее влияние на экологическую ситуацию в украинских угледобывающих регионах

### Обзорная статья

*В. И. БОЙКО, С. К. МЕЩАНИНОВ, Р. В. ВОЛОШИН, С. С. ПЕРВЫЙ\**

Днепродзержинский государственный технический университет  
Национальный горный университет г. Днепропетровск\*

Приведены данные анализа влияния угледобывающих предприятий на экологию окружающей среды. Сделаны выводы о необходимости комплексного изучения поставленной проблемы с использованием как технических, технологических так и экономических методов управления и совершенствования процесса подземной добычи угля. Показано, что существенное улучшение экологической ситуации может быть достигнуто при использовании дегазации угольных пластов.

Наведено дані аналізу впливу вугледобувних підприємств на екологію навколишнього середовища. Зроблені висновки про необхідність комплексного вивчення поставленої проблеми з використанням як технічних, технологічних так і економічних методів управління і вдосконалення процесу підземного видобутку вугілля. Показано, що істотне поліпшення екологічної ситуації може бути досягнуто при використанні дегазації вугільних пластів.

Data of the analysis of influence of the coal-mining enterprises on environment ecology are provided. Conclusions are drawn on need of complex studying of the put problem with use as technical, technological and economic methods of management and improvement of process of underground coal mining. It is shown that significant improvement of the ecological situation can be reached during the use of decontamination of coal layers. In global sense transfer of the coal-mining enterprise to technology without waste is necessary.

**Введение.** В результате промышленного развития стран мира и неограниченной хозяйственной деятельности в последние годы биосфера претерпела необратимые изменения, что привело к возникновению на земле экологического кризиса. Из всех угроз, стоящих перед человечеством, экологическая является наиболее опасной. Вот почему охрана окружающей среды - важнейшая проблема для развития человечества. В насту-

пивший век - век экологии - предстоит решить задачу принципиального сокращения воздействия на окружающую среду. Среди многих проблем, стоящих перед человечеством в начале нового тысячелетия, важное место занимают проблемы энергетические и экологические. И те и другие имеют прямое отношение к химии и технологии добычи угля. Уголь, запасы которого существенно превышают запасы других видов органического

топлива, будет играть все более важную роль, с одной стороны, как энергетическое сырье, с другой стороны, как химическое сырье, являющееся практически неисчерпаемым источником и для органического синтеза, и для извлечения из него различных минеральных компонентов. В тоже время природный уголь - один из самых экологически грязных видов топлива, так как неизбежно содержит большое количество потенциально опасных соединений. Поэтому неквалифицированное использование угля, как в энергетике, так и в химической промышленности, может приводить к существенному загрязнению окружающей среды.

**Постановка задачи.** Экологические проблемы добычи, переработки и использования угля являются принципиальным рубежом, который придется преодолеть, если угольная промышленность и угледобывающие регионы хотят выдержать конкуренцию с газом. Уже при достигнутом уровне угледобычи, концентрации угольных предприятий, их влияние на окружающую среду, на земную поверхность и недра чрезмерно велико. А перевозка угля на дальние расстояния, сжигание, выбросы в атмосферу – масштабные процессы, происходящие и распространяющиеся далеко за пределами угледобывающих регионов. Нарушение земной поверхности без последующей рекультивации почв, расположение мест складирования твердых и жидких (гидроотвалы) отходов, гибель сотен водных источников, малых рек, нарушение гидрологического и гидрохимических режимов подземных вод вызывает серьезные последствия для природы, жизни и здоровья людей. В этой связи лицензирование малых участков для строительства карликовых разрезов и шахт может нанести непоправимый вред как природе, так и современному уровню технологий добычи угля. А при сбоях в спросе на уголь, что вполне вероятно, таким предприятиям будет уже не до экологии. Просадки земной поверхности, затрагивающие нередко территории городов и поселков, вызывают серьезные осложнения в эксплуатации жилищного фонда, промышленных зданий и сооружений. Вследствие физического и химического выветривания горных пород в окружающую среду попадает большой спектр загрязняющих веществ. Перенос их на значительные расстояния превращает локальное загрязнение окружающей среды в региональное. Воздействие угледобывающего комплекса на гидросферу проявляется в изменении водного режима территории (иссушение или подтопление), загрязнении грунтовых и сточных вод продуктами физического и химического выветривания глубинных горных пород. Как при подземных, так и при открытых работах образуется депрессионная воронка понижения уровня грунтовых вод, размеры которой зависят от геологических и гидрогеологических условий района месторождения, продолжительности его разработки.

На нарушенных горнодобывающими работами землях изменяются микроклиматические условия - зачерненная углистыми частицами поверхность сильнее нагревается, увеличивается испарение, снижается относительная влажность воздуха. Уменьшение естественного питания рек из водоносных горизонтов, вплоть до перехода их из контуров разгрузки питания, а также сброс загрязненных дренажных вод в реки с расходами, превышающими меженные расходы рек от 2,5 до 5,8 раз, приводит к загрязнению водотоков.

Шахты на единицу получаемой продукции сбрасывают в водные объекты больше взвешенных веществ в 3,6 раза, хлоридов в 5,2 раза, легкоокисляющихся органических веществ в 2,6 раза, нефтепродуктов в 3,72 раза, чем разрезы. Основным загрязняющим компонентом шахтных вод являются взвешенные вещества, их содержание достигает 40 мг/дм<sup>3</sup>, содержание аммиака регистрируется до 2 мг/дм<sup>3</sup>, нитритов до 4 мг/дм<sup>3</sup>, нитратов до 0,6 мг/дм<sup>3</sup>. В сточных водах некоторых шахт содержится фенол, который образуется в результате пирогенного разложения угля. Шахтные воды сильно бактериально загрязнены, коли-индекс достигает 230 000 000.

Выбрасываемый шахтный метан можно рассматривать в качестве дополнительного энергетического сырья. В докладе представителя Агентства охраны окружающей среды США (Карл Шульц - руководитель программы Метан угольных пластов) были рассмотрены последствия эмиссии метана из угольных шахт на экологическую ситуацию, а также проанализированы возможности расширения работ по извлечению и утилизации метана угольных пластов в целях стимулирования развития промышленности региона и создания новых рабочих мест. Сохранение и приумножение биологического разнообразия региона является обязательным фактором перехода к устойчивому развитию. Кризисная экологическая обстановка в угледобывающих регионах определяется, наряду с загрязнением атмосферы и водного бассейна, - разрушением естественных ландшафтов (почвенного и растительного покрова). При таких масштабах разрушения естественных ландшафтов угледобывающие районы соответствуют критериям отнесения к зонам экологического бедствия. Степень воздействия на окружающую среду этих техногенных ландшафтов такова, что она уже не может быть оценена только по ущербу, наносимому сельскому или лесному хозяйству. Кардинальные изменения характера биологических и почвенно-геохимических процессов, вызванные горнодобывающими работами, сопровождаются шлейфом негативных экологических последствий, охватывающих весь угледобывающий регион и прилегающие территории вследствие переноса загрязнителей с нарушенных земель речными стоками и ветрами.

Анализ состояния природоохранительных мероприятий по регионам добычи и переработки угля показывает, что в настоящее время основная масса технических решений и мероприятий направлена на нейтрализацию и устранение последствий деятельности производства, а не на исключение первопричин и их источников. Снижение отрицательного влияния предприятий угольной промышленности на природную среду осуществляется посредством частичного восстановления нарушенного природного состояния, которое достигается путем рекультивации земель, осветления и очистки вод, пыле- и газоулавливания теплоэнергетическими и другими установками. Данные меры малоэффективны, так как они не ликвидируют причин, порождающих негативные явления, а только частично ликвидируют последствия, что привело к резкому ухудшению экологической обстановки в регионах и большим экономическим затратам.

**Цель работы.** Математическое моделирование зависимости экологической ситуации в угледобываю-

щих регионах Украины от физико-технологических особенностей разработки.

**Основные результаты исследования.** Строительство и эксплуатация угледобывающих и перерабатывающих предприятий сопровождается многосторонним негативным воздействием на окружающую природную среду. В экологическом отношении это проявляется в загрязнении вредными веществами и отходами производства естественных водоемов, воздушного бассейна, изъятии из сельхозоборота земель за счет образования неблагоприятных форм техногенного рельефа, снижения продуктивности земельных угодий, ухудшения гидрогеологических и гидрогеологических режимов, изменений тепловых, магнитных, электрических и силовых полей в массиве разрабатываемых площадей, создании тепловых и газовых вертикальных инверсий в атмосфере. Особую экологическую опасность создает суммарное воздействие отходов предприятий угольной промышленности на окружающую среду [1].

Наиболее распространенным и активным способом уменьшения метанообильности угольных шахт является дегазация разрабатываемых и сближенных угольных пластов и выработанных пространств. При правильной дегазации поступление метана в рудничный воздух может быть сокращено на 30 – 40% по шахте в целом и на 70 – 80% в пределах выработок выемочных полей.

Дегазация может производиться различными способами: проведением подготовительных выработок; бурением скважин по пласту и по породе с поверхности или из выработок с последующим отсосом метана; гидроразрывом или гидрорасчленением пласта; нагнетанием в пласт раствора, уменьшающего газовую проницаемость угля или содержащего метанопоглощающие микроорганизмы; гидрообработкой призабойной зоны; каптажем суфлярных выделений метана.

В шахтном хозяйстве отсасываемый метан используется пока недостаточно (10 – 15%), хотя его с успехом можно применять в качестве топлива для нагрева паровых котлов в шахтных котельных. Это обеспечит значительный экономический эффект.

Для решения данной проблемы рекомендуется, в качестве основного направления работ по эффективному снижению отрицательного воздействия на природу, развивать малоотходные производства на базе комплексного использования попутных минеральных и энергетических ресурсов шахт, разрезов и других предприятий угольной отрасли, создав эколого-технологические процессы, взаимосвязанные не только с основной технологией добычи угля, но и с получением конечного продукта – электрической и тепловой энергии.

Для реализации направления безотходной добычи угля должны создаваться технологии переработки и размещения породы в выработанных пространствах шахт и разрезов без складирования и хранения ее на поверхности. Для сокращения объема откачиваемых и очищаемых шахтных вод должны быть созданы соответствующие технологии (снижения водопроницаемости пород, разделения технологических и дренажных потоков, предотвращения поступления поверхностных вод, захоронения высокоминерализованных вод в геологических структурах и т.д.).

В соответствии с [2], по статистическим данным, выбросы в воздушный бассейн угольных регионов от стационарных источников предприятий угольной промышленности достигают приблизительно 40% от общего количества выбросов загрязняющих веществ. Среди объектов шахты, оказывающих влияние на атмосферу в процессе ее работы, выделяются следующие источники: промплощадки шахты; вентиляторные установки; промышленная котельная; складской комплекс шахты; погрузочно-разгрузочный комплекс шахты; отвалы пород; посты сварочных работ; шахтный автотранспорт. Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, на примере шахты «Им. С. Тюленина», с указанием их предельно допустимой концентрации и класса опасности приведены в табл. 1. [2]

**Таблица 1. Основные показатели загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу в процессе работы угольного предприятия**

Наименование веществ	Фоновая концентрация, мг/м <sup>3</sup>	Класс концентрации	ПДК, мг/м <sup>3</sup>
Диоксид серы	0,010	3	0,500
Диоксид азота	0,006	2	0,085
Оксид углерода	0,100	4	5,000
Пыль (зола)	0,120	3	0,300
Пыль углеродная	0,900	3	0,110
Пыль породная	-	3	0,300
Сероводород	0,002	2	0,800
Метан	6,900	-	50,000
Сварочный аэрозоль	-	3	0,500

По опыту Карагандинского угольного бассейна, на шахтах которого применяется более 20-ти способов дегазации, эффективная дегазация непосредственно угольного пласта становится неизбежным этапом комплексной дегазации при нагрузках на очистной забой более 5 тыс. т./сутки. Эффективность подземной пластовой дегазации весьма ограничена в условиях низкой проницаемости на больших глубинах разработки и в связи с недостатком времени на извлечение метана, а также невозможностью интенсифицировать этот процесс искусственным повышением проницаемости активными инженерными воздействиями вблизи горных выработок. Основные технологические аспекты заблаговременной дегазации заключаются в следующем. Дегазация на основе гидрорасчленения угольных пластов (ГРП) применяется в условиях разработки угольных пластов с природной газоносностью более 10 м<sup>3</sup>/т. при их залегании в водонепроницаемых породах не ниже средней устойчивости. Заблаговременная дегазация осуществляется при сроке извлечения метана более 3 лет (желательно 5 - 7 лет), предварительная дегазация (как варианты - самостоятельно или в сочетании с пластовыми скважинами) - при сроке дегазации до 3 лет. Технологическая схема дегазации включает три основных этапа: I - гидродинамическое воздействие; II - освоение скважин (удаление рабочей жидкости из пласта с помощью насосов или пластовых скважин, извлечение газа); III - откачка газа из выработанного пространства после подработки скважин очистными работами.

Скважины при заблаговременной дегазации закладываются на расстоянии не менее 300 м от действующих пластовых выработок по направлению основ-

ной системы природных трещин угольных пластов и не более радиуса влияния от тектонических нарушений с амплитудами, превышающими мощность обрабатываемого пласта.

Достоверно доказать экономическую обоснованность и состоятельность заблаговременной подготовки позволили последние работы на поле шахты «им. Ленина» в Карагандинском угольном бассейне, где скважины, пробурены с поверхности, функционировали более 8 лет и продолжают функционировать по извлечению метана из особовыбросоопасного мощного пласта Д6. За 8 лет из 14 скважин было извлечено более 18 млн м<sup>3</sup> 100% -го метана, что позволило снизить газоносность пласта на 6-9 м<sup>3</sup>/т. Извлечение газа продолжается, ряд скважин в настоящее время имеет дебит более 1-2 м<sup>3</sup>/мин. Экономическая эффективность этих работ определилась следующими факторами. Сокращением проведения на 1500 м парных бремсбергов по восточному крылу пласта Д-6, только на 50% обработанных ГРП запасах. С ростом добычи угля в зонах ГРП по существующей методике, извлечение средствами дегазации 1 млн м<sup>3</sup> метана обеспечивает дополнительную добычу 22,5 тыс. т. угля. Следовательно, заблаговременный каптаж 20 млн. м<sup>3</sup> газа обеспечивает дополнительную добычу 450 т. угля. Из скважин ГРП начата утилизация метана на обогревателе нового клетьевого ствола, что в три отопительных сезона обеспечивало сжигание 1600 тыс. м<sup>3</sup> газа, эквивалентного 3 тыс. т. угля. Кроме указанных положительных факторов необходимо отметить повышение безопасности ведения горных работ в зонах ГРП. Кроме снижения газообильности горных выработок отмечено существенное улучшение выбросоопасной ситуации. При ведении горных работ на этом участке шахтного поля на пласте Д-6 было зарегистрировано 106 газодинамических явлений различной интенсивности, причем практически все - вне зоны влияния скважин ГРП, в том числе последний внезапный выброс, явившийся причиной гибели 3 шахтеров. Экологический аспект проводимых работ также однозначно положителен. На организованном на шахте «Им. Ленина» образцовом объекте по утилизации метана полезно используется в настоящее время 20 м<sup>3</sup>/мин метана.

Улавливание пыли из дымовых газов котельных производится с помощью различных очистных установок. Вид их зависит от физико-химических свойств улавливаемой золы и пыли (в первую очередь от её фракционного состава). Наиболее эффективным методом очистки дымовых газов промышленных и коммунально-бытовых котельных от твердых веществ является в настоящее время метод сухой механической очистки с применением одиночных циклонов для котельных с котлами паропроизводительностью 2,5 – 6,5 т.ч и батарейных циклонов для котельных с котлами производительностью 6,5 – 20 т.ч.

Аналогичная картина наблюдается и на угольных шахтах. Шахтерские регионы – это зоны экологического бедствия, а предприятия угольной промышленности классифицируются как экологически опасные [3]. По данным Госкомстата Украины, в угледобывающих районах Украины действует 258 угольных шахт и 10 разрезов, выдавая на-гора на каждые 1000 т. угля от 150 до 800 т. породы, терриконы которой занимают огромные площади, приводя к интенсивному газопылевому

поражению воздуха и химическому отравлению поверхностных и грунтовых вод, а также существенно изменяя гидродинамический режим и уровень подземных вод. Разработка угольных месторождений отрицательно влияет и на гидрохимический режим эксплуатации поверхностных и подземных вод, усиливает загрязнение воздушного пространства, ухудшает плодородие земель. В общем случае, загрязнение природной среды при подземной добыче полезных ископаемых (угля) происходит: пылью (угольной, породной), ядовитыми газами, углекислым газом, метаном, полициклическими ароматическими углеводородами, сернистыми газами, сероуглеродом, теплом, подземными водами, породами и другими веществами [4].

В связи с этим, важными направлениями экологизации угледобывающего производства являются: совершенствование технологических процессов и разработка нового оборудования с меньшим уровнем выбросов примесей и отходов в окружающую среду, замена не утилизируемых отходов на утилизируемые, применение пассивных методов защиты окружающей среды. Так, для снижения выбросов пыле- и газообразных веществ применяют различные пены, пылегазоуловители, фильтры, которые позволяют снизить объем выбросов в атмосферу на 85 – 95%. Метан от дегазационных сетей утилизируют и сжигают в топках котельных [4]. В работе [5] приведен оригинальный подход к решению проблемы повышения экологичности процесса подземной добычи каменного угля. Традиционные геотехнологии добычи и переработки угля, в большей или меньшей степени, влекут за собой техногенное разрушение окружающей природной среды и являются опасными производственными процессами. Основное газовыделение происходит на выемочных участках (55 – 75%), из выработанных пространств (15 – 40%), из обособленно проветриваемых тупиковых выработок (5 – 10%) [4]. По ориентировочным подсчетам в угольных шахтах всего мира при добыче угля ежегодно выделяется 25 – 28 млрд м<sup>3</sup> метана. Основной объем метановыделения приходится на шахты Польши, Чехии, Великобритании, Германии, Японии, Франции. Большая часть метана разжижается воздухом, поступающим в шахты для проветривания, до концентрации менее 1% и выбрасывается в атмосферу. Около 10 – 12% всего метана каптируется и выводится на поверхность по трубам; содержание метана в каптируемом газе обычно превышает 40 – 50% и на ряде шахт составляет 70 – 90%. Из общего количества каптируемого метана (2,8 – 3,0 млрд м<sup>3</sup>) свыше 50% утилизируется тем или иным способом, что существенно повышает эффективность комплексного использования сырья и позволяет попутно получать высококалорийное топливо. На отдельных шахтах Польши, Бельгии, Германии и Японии утилизируется свыше 80% каптируемого метана [4]. Угольная промышленность Украины прошла через жесткое реформирование и реструктуризацию. Многие компании планируют открыть новые шахты. В отрасли остается еще много проблем. Среди них – высокий уровень износа оборудования, и давно назревает необходимость его модернизации. Безопасность производства требует газоотвода из пластов, о чем напоминают регулярно повторяющиеся взрывы. Другая

проблема – большая энергоемкость производства. Угольная промышленность является крупным потребителем топливно-энергетических ресурсов. Строительство и эксплуатация угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий сопровождается многосторонним негативным воздействием на окружающую природную среду. В экологическом отношении это проявляется в загрязнении вредными веществами и отходами производства естественных водоемов, воздушного бассейна и т.п. По данным работы [3], в Донбассе техногенные выбросы газообразных отходов в среднем находятся на уровне  $225,4 \cdot 10^6$  т/год табл. 2.

Таблица 2. Объем выбросов газов техногенного генезиса в атмосферу Донбасса

Источник образования газов-загрязнителей	Объем выбросов, млн т./год				
	CO <sub>2</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	NO <sub>2</sub>
Сжигание топлива (промышленные и бытовые установки)	200,0	1,3	1,1	0,55	0,35
Породные отвалы шахт	18,0	1,4	0,2	0,1	0,02
Итого	220,4	2,7	1,3	0,65	0,37

Таблица 3. Показатели техногенного воздействия на окружающую среду угольной отрасли России за период 1998 – 2006гг.

Показатели загрязнения	Годы		
	2004	2005	2006
Сброс сточных вод, млн. м <sup>3</sup> , в том числе:	438,4	479,4	488,5
Загрязненных	372,4	421,4	429,7
Нормативно очищенных	27,8	26,5	30,0
Без очистки	151,0	169,4	173,4
Выбросы в атмосферу, тыс. т., в том числе:	836,8	888,6	911,5
Твердых	59,7	66,0	61,5
газообразных	777,1	822,6	850,0
Уловлено и обезврежено, тыс. т, в том числе:	167,0	179,9	183,1
Твердых	164,7	179,2	182,8
газообразных	2,3	0,7	0,3
Выброшено без очистки, тыс. т, в том числе:	814,3	865,5	889,6
Твердых	88,7	43,3	40,7
газообразных	775,7	822,2	848,9
Нарушено земель за год, га	1622	2130,6	2191,5
Рекультивировано земель за год, га	2188	1267,5	1238,0
Образовано отходов, млн т.	1283,3	1556,4	1862,5
Использовано и обезврежено отходов, млн. т	638,0	841,6	961,1
Доля загрязненных сточных вод в общем объеме, %	84,9	87,9	88,0
Доля уловленных загрязняющих веществ в объеме образования, %	16,6	17,2	16,7

- увеличение количества выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ без очистки на 61,8%;  
 - сокращение доли уловленных и обезвреженных загрязняющих веществ в промышленных выбросах в атмосферу в объеме образованных с 35,3 до 16,7%;

В вопросе осуществления мер по сохранению литосферы и гидросферы в пределах горных отводов необходимо сравнивать технические и экономические аспекты перехода на закладку выработанного пространства без выдачи породы на поверхность с одновременным учетом экологического фактора и затрат на охрану зданий, сооружений и природных объектов на подрабатываемых территориях, ущерба от изъятия земель под породные отвалы. Следует отметить также, что загрязнение атмосферы газами и пылью приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур до 35 – 50% по отдельным видам [3]. Более наглядная информация по данному вопросу дана в работе [5]. В ней приведен анализ показателей техногенного воздействия на окружающую среду и эффективности природоохранной деятельности на предприятиях угольной отрасли России за 9-ти летний период: табл. 3 и позволил выявить ряд негативных тенденций, в том числе:

- увеличение объемов сброса сточных вод в поверхностные водные объекты без предварительной очистки на 83,1%;  
 - сокращение объемов нормативно очищенных сточных вод на 85,8%;  
 - повышение удельного веса загрязненных сточных вод в их общем объеме с 60,4 до 88%;  
 - рост валовых сбросов загрязняющих веществ в атмосферу на 50%, в том числе газообразных веществ на 64,1%;  
 - снижение количества уловленных и обезвреженных загрязняющих веществ в промышленных выбросах в атмосферу на 43,4%;

- снижение доли рекультивированных земель в объеме нарушенных с 90,6 до 56,5%;  
 - уменьшение удельного веса использованных твердых отходов производства в объеме образованных с 62,4 до 51,6%.

Эта ситуация вполне применима к Украине в силу сходных технико - экономических и социальных особенностей стран – государств СССР. Кроме того, по данным [5], около 30% угольных предприятий не оснащены газоочистными установками и производят выбросы загрязняющих веществ в атмосферу без очистки. Очистка выбросов от наиболее токсичных газообразных веществ практически не производится. В наибольшей степени это касается добычи угля из газонасыщенных пластов. С вентиляционными выбросами шахт в атмосферу поступает свыше 700 тыс. т. метана.

Далее, приведены прогнозные показатели техногенного воздействия предприятий угольной отрасли на окружающую среду, которые рассчитаны с учетом прогнозируемых объемов добычи угля и опережающего развития открытого способа для двух вариантов табл. 4.

Первый вариант рассчитан, исходя из условий сохранения существующих тенденций природоохранной деятельности, объемов и качества природоохран-

ных работ, второй вариант – с учетом выполнения комплекса природоохранных мероприятий в соответствии с приоритетными направлениями охраны окружающей среды в угольной отрасли в период реализации угольной стратегии России. Выполненные расчеты показали, что в 2020 г. показатели техногенного воздействия по первому варианту возрастут по сравнению с 2006 г. весьма значительно: объем сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты – 37,3%, масса загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух – на 39,36%, площадь нарушенных земель – на 50,1%, объем отходов производства – на 40,1%.

Для предупреждения возникновения подобной ситуации необходимо, применительно к разработке газонасыщенных угольных пластов – извлечение методами предварительной дегазации и утилизации в качестве энергоносителя не менее 50% метана, содержащегося в угольных пластах.

Таблица 4 Прогноз показателей техногенного воздействия предприятий угольной отрасли на окружающую среду на период до 2020 г. [5].

Вид техногенного воздействия	Показатель техногенного воздействия за 2006 г.	Прогнозный показатель техногенного воздействия					
		При существующих технологиях природоохранной деятельности			С учетом реализации приоритетных направлений охраны окружающей среды		
		2010	2015	2020	2010	2015	2020
Сброс загрязненных сточных вод, млн. м <sup>3</sup>	429,7	450	490	590	430	320	210
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, тыс. т.	911,5	970	1060	1270	910	730	550
Площадь нарушенных земель, га	2191,5	2310	2640	3290	2190	1860	1530
Объем отходов производства, млн. т.	1862,5	1910	2090	2610	1860	1580	1300

За счет предлагаемых в [5] природоохранных мероприятий может быть обеспечено к 2022г. значительное улучшение показателей негативного воздействия предприятий отрасли на окружающую среду. табл.5:

- снижение объемов выброса загрязненных сточных вод в 2,8 раза;
- снижение объемов образования отходов производства 2 раза.

предотвращением разрушения озонового слоя и загрязнения атмосферы выбрасываемой метано-воздушной смесью. Эффект, возникающий от уменьшения выбросов метана в атмосферу в результате внедрения технологий предварительной дегазации на угольных шахтах равен величине предотвращенного экологического ущерба. Он рассчитывается в соответствии с методикой из [9]:

Большинство каменноугольных месторождений России являются газугольными [8]. Существующая в настоящее время традиционная технология дегазации угольных пластов, опережающая их шахтную добычу, малоэффективна. В России ежегодно копируется около 2 млрд. м<sup>3</sup> газа, а вследствие малой концентрации в нем метана (как правило, 5 – 20%), возникает много технических и экологических проблем со сжиганием газа,

$$Y = M \cdot y, \quad y = (K_{\rho} \cdot Y_{\text{уд}} \cdot K_{\text{эс}} \cdot K_{\text{и}}),$$

где  $y$  – удельная величина ущерба на единицу фактических выбросов (в физическом выражении), а  $Y$  – величина ущерба на весь объем выбросов  $M$ . Коэффициент относительной экологической опасности  $K_{\rho}$  для углеводородов равен 0,7, показатель удельного ущерба от выброса единицы приведенной массы загрязняющих веществ  $Y_{\text{уд}}$  для Западносибирского экономического района составляет 60,2 руб/усл. т, а коэффициент экологической ситуации  $K_{\text{эс}}$  для Западной Сибири равен 1,2. Коэффициент индексации платы за вредные выбросы  $K_{\text{и}}$  для 2005 г. составил 2,42. При названных условиях величина  $Y$  равна 82,13 руб/тыс. м<sup>3</sup> метана, или 1,034 дол. США.

В работе [6] также указывается на то, что наиболее распространенным и эффективным способом уменьшения метанообильности угольных шахт является дегазация разрабатываемых и сближенных угольных пластов и выработанных пространств. При правильной дегазации поступление метана в рудничный воздух может быть сокращено на 30 – 40% по шахте в целом и на 70 – 80% в пределах выработок выемочных полей. Аналогичные рассуждения приведены также в [7] и ряде других работ. Однако дегазация не решает всех проблем, связанных с подземной угледобычей. Как уже было показано выше, кроме метана из горных вырабо-

ток в окружающую среду поступает также ряд других газообразных веществ. По данным [8], свободно выходящие в атмосферу токсичные газы составляют по массе 80 – 95% всех вредных выбросов, а неуловленная в газоочистках пыль 5 – 20%. Это связано с тем, что проходя по горным выработкам вентиляционная струя в значительной степени самоочищается от пыли и основным источником пыли, выходящей в атмосферу в этом случае, являются шахтные стволы [10].

- сокращение массы загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу в 2,3 раза;

- уменьшение площади годового нарушения земель в 2,2 раза;

### Выводы

Из всех вредных воздействий угольной промышленности на окружающую среду наиболее распространены и опасны выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, объем которых превышает 20% от общего объема выбросов в Украине. Современная технология угольного производства в основном является открытой системой, нерационально использующей природные ресурсы и имеющей значительные отходы, интенсивно эксплуатирующей окружающую среду, не восстанавливая ее до естественного равновесия. Наиболее распространенным и эффективным способом уменьшения метанообильности угольных шахт является дегазация разрабатываемых и сближенных угольных пластов и выработанных пространств. При правильной дегазации поступление метана в рудничный воздух может быть сокращено на 30 – 40% по шахте в целом и на 70 – 80% в пределах выработок выемочных полей.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Климов С. Л. Энергосбережение и проблемы экологической безопасности в угольной промышленности России // С. Л. Климов, Д. Г. Закиров. — М.: Изд-во академии горных наук, 2001. — 271 с.
2. Аптекарь М. Д. Влияние закрытия шахт на окружающую среду Краснодона // М. Д. Аптекарь, А. С. Домская // Матер. междунар. научно-практич. конф. «Проблемы горного давления и экологии горного производства». — Донецк: «Норд-Пресс». — 2010. — С. 119—126.
3. Архипов Н. А. Добыча угля и рациональное природопользование // Архипов Н. А., Ельчанинов Е. А., Горбачев Д. Т. — М.: Недра, 2007. — 285 с.
4. Кузнецова Л. В. Повышение промышленной и экологической безопасности освоения угольных месторождений за счет комбинированных геотехнологий / Л. В. Кузнецова, Б. А. Анферов // Безопасность труда в промышленности. — 2008. — № 10. — С. 24—25.
5. Щадов В. М. Экологические проблемы угольной отрасли на завершающем этапе реструктуризации / Щадов В. М. // Уголь. — 2007. — № 6. — С. 31—35.
6. Харионовский А. А. Состояние и приоритетные направления охраны окружающей среды в угольной отрасли / А. А. Харионовский, Ю. А. Толченкин // Уголь. — 2008. — № 2. — С. 56—59.
7. Журавель Н. М. Проекты предварительной дегазации угольных пластов: эколого-экономическая эффективность с учетом Киотского протокола / Н. М. Журавель, В. Н. Чурашев // Уголь. — 2008. — № 1. — С. 34—37.
8. Методика определения предотвращенного экологического ущерба. — М.: Государственный комитет по охране окружающей среды, 2000.
9. Кузяра С. В. Извлечение шахтного метана и защита окружающей среды (обзор) / С. В. Кузяра, И. Д. Дроздник, Ю. С. Кафтан и др. // Уголь Украины. — 2005. — № 6. — С. 13—15.
10. Григорюк М. Е. Угольное производство как составляющая техногенной нагрузки / Григорюк М. Е. // Уголь Украины. — 2006. — № 2. — С. 31—33.

пост. 03.09.12