



DOI: 10.25558/VOSTNII.2024.15.79.001

УДК 622.031; 622.272.6; 622.831.325

© А.А. Исаченко, 2024

**А.А. ИСАЧЕНКО**

канд. техн. наук,

заместитель генерального директора по производству

АО «Промуглепроект», г. Новокузнецк

E-mail: metall\_kuzbass@mail.ru

## АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОДЗЕМНОЙ УГЛЕДОБЫЧИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА

*За последние 30 лет в отдельных горнодобывающих районах России наблюдается резкая интенсификация объёма угледобычи. Повышение требований к марочному составу угля и его качественным показателям ведет к необходимости отработки свит сближенных угольных пластов на глубинах более 500 м в сложных горно-геологических условиях при природной метаноносности свыше 20 м<sup>3</sup>/т, в условиях высокой концентрации горных работ несколькими горнодобывающими предприятиями. Применение традиционных способов и средств подземной угледобычи в указанных усложняющихся горно-геологических условиях не обеспечивает интенсификацию технологических процессов и повышения уровня промышленной безопасности ввиду негативного интегрального влияния комплекса горно-геологических и техногенных факторов.*

*В статье выделены этапы современного развития региона. Интенсивная индустриализация региона, в основе которой находится горнодобывающая промышленность, меняет параметры земной коры региона. Это влияет на напряженно-деформируемое состояние недр и, как следствие, проявление геомеханических, геодинамических и сейсмических процессов, усложняющих ведение горных работ.*

*Изложены результаты анализа особенностей разработки угольных месторождений Кузбасса на современном этапе развития угольной промышленности. Проведена оценка влияния на безопасность персонала шахты и объекты технологии и инфраструктуры сейсмической активности районов ведения горных работ. Рассмотрены этапы деформационных процессов горных выработок в зависимости от пространственного расположения относительно элементов геомассива и очистных работ в виде первичной и вторичной конвергенции. Выделены негативные факторы, оказывающие влияние на состояние подготовительных горных выработок и приведены варианты технических мероприятий, направленных на снижение последствий деформаций для различных этапов эксплуатации. Проанализированы деформационные процессы при конвергенции почвы горных выработок. Выделены условия первичной и вторичной конвергенции. Для разработки технических решений по безопасным методам поддержания подготовительных горных выработок рассмотрена классификацию по признаку расположения относительно элементов углевмещающего массива.*

**Ключевые слова:** ГОРНОДОБЫВАЮЩИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ, КОНВЕРГЕНЦИЯ, ГОРНОЕ ДАВЛЕНИЕ, СЕЙСМИЧНОСТЬ.

## ВВЕДЕНИЕ

Увеличение добычи угля, повышение требований к его качественным показателям на турбулентном высоко конкурентном рынке угля ведет к необходимости отработки сложноструктурных угольных месторождений на глубинах более 500 м, в условиях природной метаноносности свыше 20 м<sup>3</sup>/т, повышенной геодинамической и сейсмической активности районов ведения горных работ.

Стратегия рационального недропользования включена в перечень приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в РФ, а концепция развития Кузбасса предусматривает увеличение добычи типовой (традиционной) шахты до 5 млн. тонн угля в год на основе эксплуатации более производительного проходческого и добычного оборудования при безопасных условиях труда [1].

Применение традиционных способов и средств подземной угледобычи в указанных усложняющихся горно-геологических условиях не обеспечивает интенсификацию технологических процессов и повышения уровня промышленной безопасности ввиду негативного интегрального влияния комплекса горно-геологических и техногенных факторов.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В России накоплен большой опыт отработки угольных месторождений в разных горно-геологических и горнотехнических условиях [3–7 и др]. Производства районов традиционной угледобычи — Подмосковский бассейн, Донецкий бассейн сместились в Восточную часть страны. Введены в эксплуатацию и строятся угледобывающие предприятия в республике Якутия (Саха), Хабаровском крае, Приморском крае, Сахалинской области, республике Хакасия [2].

Обособленно к новым центрам угледобычи находится Кузбасс. Отличительной особенностью Кемеровской области является отработка месторождений, разведанных в середине XX века, эксплуатация современных угледобывающих предприятий, введенных

в эксплуатацию в последние годы, а также планомерное проектирование и ввод новых производств [2].

За последние 40 лет произошли существенные изменения в структуре индустриализации Кузбасса. Выделяются три основных этапа современного этапа развития региона:

– до 1989 года. Период характерен большим количеством предприятий подземной угледобычи, строительством больших шахт (таких как Шахта Распадская) и разрезов (таких как Ерунаковский, Талдинский). Основная технология угледобычи — подземная.

– 1990–2003 годы. Стагнация угольной отрасли. Доработка ранее вскрытых запасов на угольных шахтах. Ликвидация ряда угольных шахт. Развитие открытой угледобычи в виде мелких разрезов.

– с 2004 года по настоящее время. Период нового витка индустриализации Кузбасса. Ввод новых предприятий угледобычи (Шахта Увальная, Усковская, Ерунаковская-VIII). Техническое перевооружение действующих шахт и разрезов, вскрытие и подготовка новых лицензионных запасов. Период характерен существенным увеличением производительности открытых горных работ за счет применения более мощного оборудования, более мощных зарядов ВВ, увеличения глубины ведения горных работ как подземной, так и открытой угледобычи.

В настоящей работе рассматривается современный период развития с 2004 года по настоящее время. Современный этап индустриализации угольной отрасли существенно изменил промышленный облик региона: сформированы угледобывающие кластеры, изменились геомеханические и геодинамические условия ведения горных работ, изменилась сейсмичность районов угледобычи, изменились формы проявления горного давления в виде деформаций, ламинарных и скоротечных конвергенций подготовительных горных выработок. Актуальной научно-технической задачей является оценка взаимного влияния открытой и подземной геотехнологии находящихся в различных стадиях освоения месторождений (техногенной деятельности человека) и элементов геомассива.

Интенсивная индустриализация региона, в основе которой находится горнодобывающая промышленность, меняет параметры земной коры региона. Это влияет на напряженно-деформируемое состояние недр и, как следствие, проявление геомеханических, геодинамических процессов, осложняющих ведение горных работ.

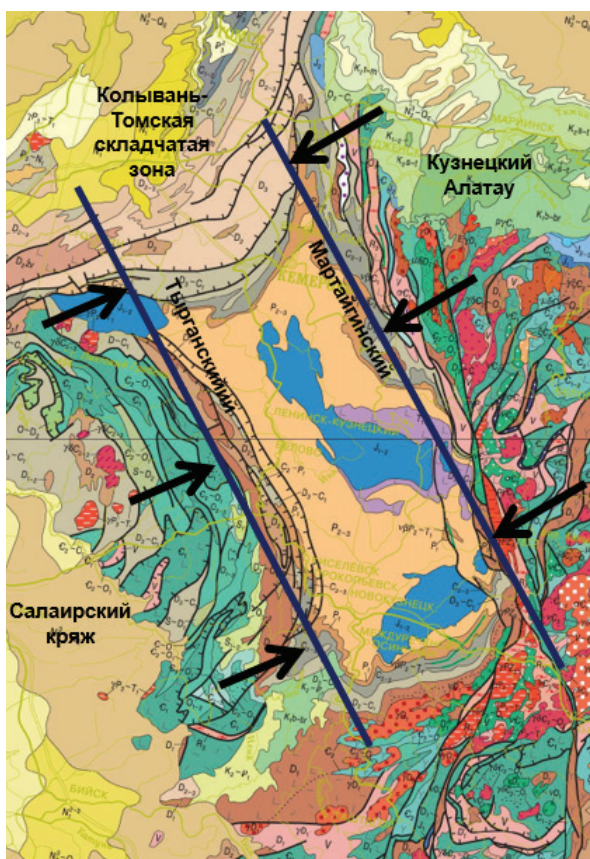
За последние 200 лет на территории Кузбасса произошло более 20 крупных землетрясений при магнитуде 3,5–6,5. Алтае-Саянский филиал ЕГСН РАН фиксирует сотни сейсмических явлений [2, 9].

Согласно оперативным сводкам [10], часть из них — естественная сейсмичность, а другая — техногенная. Естественная сейсмичность оказывает влияние на деятельность горнодобывающих предприятий и антропогенную деятельность человека.

В пределах Кузнецкой котловины осуществляется отработка угольных и рудных месторождений в условиях повышенной природной сейсмичности с магнитудой до 7,

возникающей под влиянием движения горных структур Кузнецкого Алатау и Салаирского кряжа навстречу друг к другу (рис. 2). Преобладающее число очагов землетрясений сосредоточено в верхней части земной коры на глубинах до 15–20 км. [11].

Наблюдается прямая зависимость расположения гипоцентров современных низкоэнергетических сейсмических явлений, действующих горнодобывающих предприятий угледобычи и концентрации на небольшой площади и расположении геодинамических разломов. Геологическая структура Кузбасса имеет высокую степень тектонических нарушений. Через промышленные районы проходят ярко выраженные системы крупных и мелких нарушений со сложной ориентацией [12] (рис. 1). В каждом районе гипоцентры землетрясений мигрируют вдоль зон разломов и имеют определенную периодичность повторений [11]. Проведенные исследования [13] утверждают, что наблюдается прямая связь между сейсмическими явлениями



Карта разломов Кузбасса

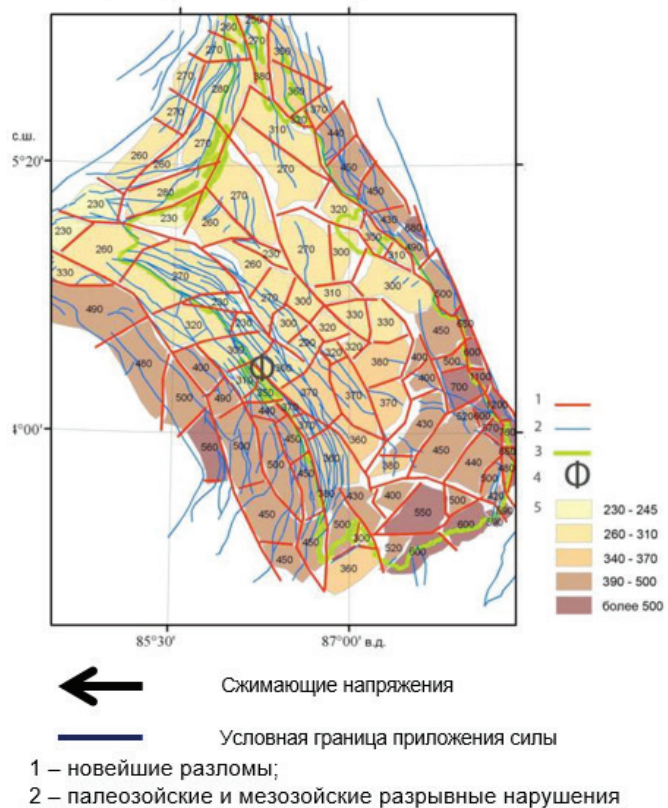


Рис. 1. Фрагмент геологической карты Кемеровской области и карты разломов



Рис. 2. Схема воздействия внешних сил на Кузнецкий угольный бассейн.

Кузбасса и всего Алтае-Саянского региона. Но прежде всего это связано со сложным строением недр и пространственным взаимовлияющим расположением геодинамически активных разломов (рис. 1).

В отдельных районах Кузбасса наблюдаются серийные сейсмические явления (рис. 3). К таким районам относятся участки недр с существенным техногенным воздействием — крупные разрезы, такие как разрез Бачатский или Талдинский, и кластеры из нескольких угледобывающих предприятий. Гипоцентр явлений, как правило, располагается на небольших глубинах [14]. Эти явления представляют опасность для персонала предприятий угледобычи и проживающих в Кузбассе населения в ближайших от угледобывающих предприятий населенных пунктах.

Для регистрации землетрясений в Кузбассе действует сеть Алтае-Саянского филиала ФИЦ ЕГС РАН из более 57 цифровых сейсмических станций, обеспечивающих постоянный и непрерывный мониторинг геодинамической активности недр [8, 10]. Сеть станций позволяет осуществлять мониторинг сейсмических явлений в реальном времени.

Созданные условия взаимодействия двух видов работ (открытых и подземных) контролируются на основе сбора данных колебаний поверхности подземных горных выработок цифровыми поверхностными сейсмическими станциями Алтае-Саянского филиала ФИЦ ЕГС РАН, а также системой

сейсмического мониторинга в горных выработках (GITS) (или аналогами) [12, 15].

В динамике развития угледобывающих районов наблюдается создание отдельных кластеров по видам горных работ (ликвидируемые, открытые, подземные, комбинированные, проектируемые) с концентрацией предприятий интенсивной угледобычи, которые продолжают изменять геотехническую и геодинамическую ситуации в регионе.

Кластеры в Кузбассе условно делятся:

- на участки недр с ранее отработанными и в настоящее время ликвидированными или временно законсервированными угледобывающими предприятиями (Анжеро-Судженский, Прокопьевско-Киселевский, Кемеровский, Байдаевский районы и др.),
- районы с концентрацией предприятий преимущественно открытой угледобычи (Бачатский, Мрасский районы),
- районы подземной угледобычи (Ленинский район),
- районы с высокой концентрацией комплексного освоения недр (Томь-Усинский, Ускатский, Кондомский, Осинниковский, Ерунаковский). Это участки недр, освоение которых осуществляется одновременно двумя видами геотехнологии: открытым и подземным. При этом оказывающим взаимное влияние друг на друга.
- районы подземной геотехнологии с попутной заблаговременной дегазацией или добычей метана (Ерунаковский и Междуреченский).

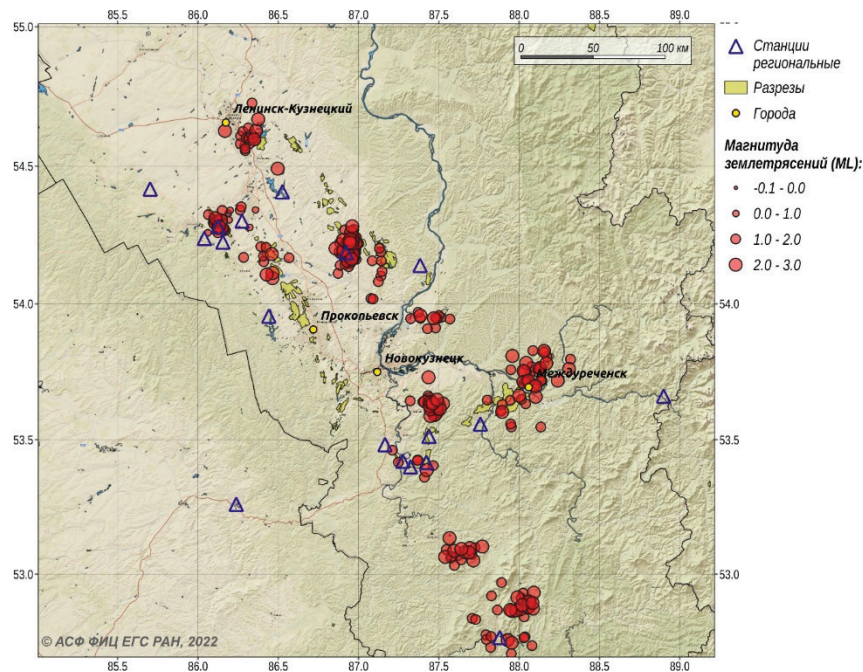


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений в Кемеровской области во II квартале 2022 г.



Рис. 4. Расположение горнодобывающих предприятий в районе города Междуреченска Кемеровской области

Концентрация на относительно небольшой площади ликвидированных и действующих угледобывающих предприятий с открытым и подземным способом добычи оказывает существенное влияние на изменение сейсмологической и геодинамической ситуации региона, в том числе на увеличение частоты

сейсмических явлений с низкой энергетической составляющей.

Открытый способ оказывает влияние на антропогенные и геодинамические структуры Кузбасса. Это связано с особенностями технологического цикла, а именно:

- взрывные работы;

- перемещение горной массы;
- складирование и хранение горной массы.

Изменение напряженно-деформированного состояния массива горных пород, которое при взрывных работах происходит за доли секунды, а при извлечении, перемещении и складировании горной массы ламинарно с течением времени, влияет на накопление энергии на отдельных участках тектонических блоков и, как следствие, — развитие техногенной сейсмичности. Так сформирована на протяжении нескольких десятилетий искусственная среда, изменившая не только ландшафт поверхности, но и распределение напряжений в литосфере Земли.

В настоящее время влияние сейсмических событий на эффективность и безопасность горных работ оценивается по ретроспективной информации. Однако на практике необходимо создание методики прогнозирования проявлений сейсмической активности с изменением структуры отклика земной коры на увеличение интенсивности угледобычи группы шахт и разрезов в отдельных районах Кузнецкого угольного бассейна.

Научными центрами угледобывающей промышленности, такими как АО «НЦ ВостНИИ», ФГБУН ИГД им. Н. А. Чинакала СО РАН, ФГАОУВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», ФГБОУВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» и др., изучаются проблемы освоения месторождений каменного угля в условиях склонности районов ведения работ к проявлениям сейсмической и геодинамической активности. Результаты исследований по этим направлениям заложены в основу при формировании регламентированных нормативных документов и используются при ведении горных работ.

Анализ ранее выполненных научных работ предшественниками указывает на необходимость учета влияния возникновения сейсмической и геодинамической активности на геомеханическое и газодинамическое состояние массива горных пород в окрестности

горных выработок уже на этапе проектирования угледобывающих предприятий.

Однако принятые к использованию этих результатов технические решения на практике не обеспечивают создание безопасных условий труда персонала шахт и технико-экономических показателей работы очистных и подготовительных работ до уровня, предусмотренного Стратегией развития Кузбасса [1].

С целью изучения геомеханических процессов в окрестностях горных выработок в условиях проявления динамических и сейсмических явлений угледобывающих предприятий или отдельных объектов в районах интенсивной угледобычи и создания безопасных условий труда персонала шахт необходимо выявить геологические и технологические закономерности формирования условий изменения динамики напряженно-деформированного и газодинамического состояния углепородной толщи.

Анализ современного этапа развития угледобычи Кузбасса показывает, что освоение месторождений каменного угля [2] находится в следующих стадиях:

- нулевая. Стадия геологоразведочных работ.
- начальная. Стадия работы одного или нескольких предприятий по добыче угля на значительном удалении друг от друга.
- интенсивная — в условиях современного уровня развития угольной промышленности Кузбасса. Эта стадия работы нескольких угледобывающих предприятий по добыче угля, оказывающих существенное взаимное влияние, а также влияние на изменение среды геомассива (рельеф, гидрология, геология, сейсмичность и пр.).
- затухающая. Стадия доработки месторождений, рекультивация и ликвидация предприятий.

Наблюдается взаимное влияние ликвидированных угольных шахт и действующих разрезов по добыче угля. Анализ ситуации показывает, что часть разрезов отрабатывает запасы непосредственно над ликвидированными горными предприятиями, что

существенно изменяет состояние геомассива и гидрогеологическое состояние района [16]. Это представляет опасность для населения, проживающего вблизи инфраструктуры закрытых и действующих горных производств и выражается в следующих явлениях:

- подземные толчки;
- выход газов в подвальные помещения и первые этажи (метан, радон);
- подтопление зданий и сооружений, дворовых территорий;
- загрязнение воздуха взвешенными веществами и пр.

Для предприятий подземной угледобычи характерно ведение горных работ на более глубоких горизонтах 500–1000 м, в условиях влияния комплекса горно-геологических и техногенных факторов сложноструктурных месторождений. Современные угледобывающие предприятия в большинстве работают по схеме одного очистного забоя в работе, с рядом осложняющих факторов, которые характерны для одного или нескольких предприятий [17]. При разработке проектных решений по отработки угольных пластов не учитывается взаимное влияние элементов геомассива и горных работ на обрабатываемом и смежном пластах в сложноструктурных месторождениях [18].

Теоретические основы горной науки не в полной мере описывают реальные деформационные процессы действующих шахт, т.к. последние 30 лет существенно снижен объем научных исследований.

Так, на предприятиях подземной угледобычи в условиях отработки свит угольных пластов наблюдаются ламинарные деформационные процессы углевмещающего массива подготовительных горных выработок отличных от классических теорий горного давления [6, 19, 20].

Особенности деформационных процессов заключаются в этапности (стадийности) их проявления, зависящих от пространственного положения подготовительной горной выработки относительно выработанных пространств ранее отработанных выемочных участков и действующих очистных забоев.

В зависимости от использования горной выработки в определенный момент времени (стадийности) проявляются первичные и вторичные деформационные процессы контура подготовительной выработки.

Исследование тех или иных форм деформации в различных этапах эксплуатации подготовительной горной выработки, влияния на интенсивность горно-геологических и горно-технических факторов позволяет разработать и реализовать технические решения по безопасному безремонтному поддержанию горной выработки на всем сроке ее эксплуатации.

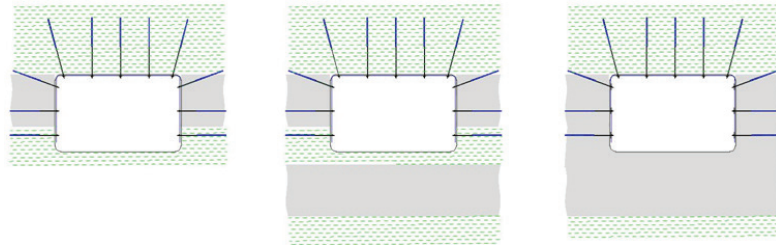
Исследованиями [21] установлено, что на безопасное поддержание подготовительных горных выработок оказывает пространственное расположение надрабатываемых элементов геомассива. Особое влияние оказывает расположение в почве подготовительных горных выработок наличие угольного пласта. Это может быть, как отдельный угольный пласт, который является надрабатываемым угольным пластом относительно отработываемому, так и мощный угольный пласт, при проведении горной выработки по верхнему слою (рисунок 5). Однако этот вопрос в горной науке подробно не рассмотрен.

Для разработки технических решений по безопасным методам поддержания подготовительных горных выработок предлагается ввести их классификацию по признаку расположения относительно элементов углевмещающего массива:

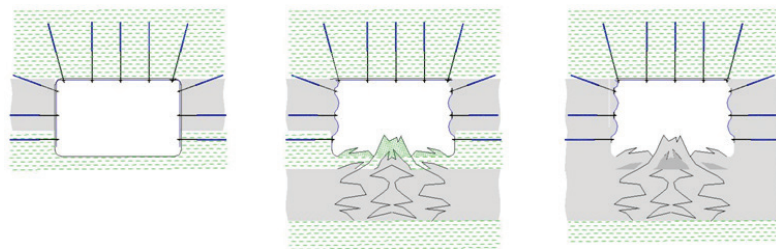
- отработка одиночного пласта средней мощности;
- отработка угольного пласта средней мощности в свиты сближенных угольных пластов;
- отработка верхнего слоя мощного пласта.

Предлагаемые элементы классификации характеры для шахт Кузбасса. Такая классификация подтверждает фактические деформационные процессы подготовительных выработок на разных угледобывающих предприятиях [7].

А. Проектные параметры подготовительной горной выработки



Б. Фактическое состояние горной выработки в процессе эксплуатации



Пласт средней мощности без наличия пласта-спутника

Пласт средней мощности с пластом-спутником в почве

Мощный пласт

Рис. 5. Состояние вентиляционного штрека до и после первичных деформационных процессов в различных горно-геологических условиях

Анализ эксплуатации конвейерного и вентиляционного штреков (табл. 1) указывает на необходимость разработки мероприятий по поддержанию вентиляционного штрека на всем сроке службы.

Первичная конвергенция проявляется в виде деформации почвы выработки от воздействия комплекса факторов в зоне влияния выработанного пространства вышележащей отработанного пространства (рис. 6). Средние значения при наблюдении уменьшения высоты вентиляционного штрека первичной конвергенции составляют до 34,9%. Вторичная конвергенция — это деформация почвы выработок в зоне опорного давления очистного забоя выемочного участка и выработанного пространства ранее отработанного выемочного участка (рис. 6). Наблюдается значительная деформация выработки, выраженная в конвергенции почвы вентиляционного штрека. Уменьшение высоты за период наблюдений составило до 45,7%.

Как при первичной, при вторичной конвергенции необходимо уменьшать негативное

воздействие деформации горных выработок, поддерживать безопасное состояние. Для этого применяется поддир почвы выработок и гидроразрыв кровли.

Установлено, что в зона вторичной ламинарной конвергенции подвергается процессам скоротечной конвергенции, что наблюдается при инцидентах на шахтах Распадская-Коксовая и Ерунаковская-VIII в 2020–2022 годах, но данная тема в настоящей статье не рассматривается.

## ВЫВОДЫ

В статье рассмотрены только ключевые особенности отработки угольных месторождений Кузбасса. Для оптимизации работы предприятий подземной угледобычи предлагается решить комплекс задач по разработке единого методологического обоснования подземной геотехнологии для разработки сложноструктурных месторождений каменного угля на современном уровне развития угледобычи в Кузбассе:



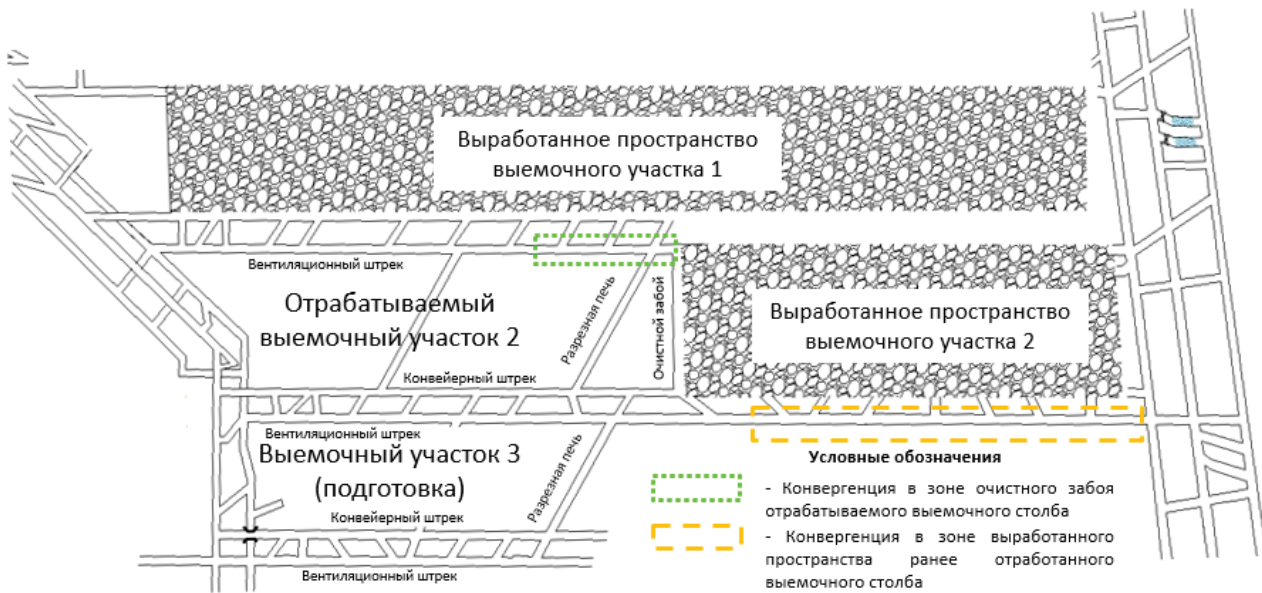


Рис. 6. Зоны первичных и вторичных деформационных процессов при подготовке и отработке выемочных столбов

Таблица 1

Анализ негативных факторов, оказывающих влияние на подготовленные горные выработки на различных этапах эксплуатации

Этапы эксплуатации подготовительной выработки		Негативные факторы, оказывающие влияние на состояние подготовительной горной выработки		Мероприятия по снижению влияния негативных факторов	
Процесс геотехнологии	Технологическое предназначение	Конвейерный штрек	Вентиляционный штрек	Конвейерный штрек	Вентиляционный штрек
Дегазация угольного пласта	Выработка планируется к проведению	Изменение порового давления газа в углепородном массиве	Изменение порового давления газа в углепородном массиве	не проводятся	не проводятся
Проведение выработки	Выемка угля и крепление кровли и боков	Обрушение пород кровли и боков выработки	Обрушение пород кровли и боков выработки	Усиление крепления	Усиление крепления
Отработка выемочного участка	Поддержание горной выработки	Поддержание в завальной части выемочного участка - обрушение пород кровли	<b>Конвергенция пород почвы и боков выработки</b>	Усиление крепления	<b>Поддир почвы. Контроль и ремонт крепления боков</b>
Отработка нижележащего выемочного участка	Отработка нижележащего выемочного участка	Выработка погашена	<b>Конвергенция пород почвы и боков выработки перед очистным забоем</b>	не проводятся	<b>Поддир почвы. Усиление выработки податливой крепью - клетки, рудстойка</b>

– разработать методологию идентификации горно-геологической информационной многофакторной системы сложноструктурных угольных месторождений как объекта разработки.

– выявить по результатам комплексных натуральных экспериментов механизмы (закономерности) взаимодействия геомеханических, геодинамических, сейсмических и газодиффузионных процессов при подземной разработке сложноструктурных угольных месторождений.

– обосновать по результатам вычислительных и натуральных экспериментов зависимости основных геомеханических параметров подземной геотехнологии от комплекса геологического и технологического факторов.

– разработать технологические и технические решения для компенсации негативного

влияния массива горных пород, сейсмичности и высокой метаноносности угольных пластов на эффективность и безопасность подземной геотехнологии.

– разработать методику прогнозирования параметров геомеханического, геодинамического и газодинамического состояний массива горных пород в сейсмоопасном регионе для выявления предвестников опасных производственных ситуаций и их профилактики при интенсивной добыче угля.

– подтвердить опытным путем обоснованности геомеханических параметров подземной геотехнологии, технологических и технических решений для выбора рационального варианта разработки месторождений в сейсмически активных районах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 07.07.2011 г. № 899. М., 2011.
2. Апалькова Т. Г., Левченко К. Г. Основные тенденции мирового рынка угля в краткосрочной перспективе // Уголь. 2022. № 11(1160). С. 32–37.
3. Гриб Н. Н., Гриб Г. В., Качаев А. В. и др. Изменение уровня сейсмической активности в Южной Якутии под воздействием промышленных взрывов // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 71–1. С. 117–123.
4. Козырев А. А., Семенова И. Э., Жукова С. А., Журавлева О. Г. Факторы изменения сейсмического режима и локализации опасных зон при крупномасштабном техногенном воздействии // Горная промышленность. 2022. № 6. С. 95–102.
5. Денисов С. В., Поляков Д. А., Добрынин Р. В. Специфика и формы проявления техногенной сейсмичности на горнодобывающих предприятиях Кузбасса по материалам инструментальных наблюдений // Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2020. № 4. С. 461–464.
6. Якоби О. Практика управления горным давлением. М.: Недра, 1987. 566 с.
7. Исаченко А. А. Геомеханическое обоснование способов управления горным давлением при подземной разработке весьма сближенных угольных пластов: дис. канд. техн. наук / Исаченко А. А. Кемерово, 2018. 149 с.
8. Ашурков В. А. Кузнецкие землетрясения юга Кузбасса. Новокузнецк: ООО «Запсибгеология». Режим доступа: <https://docplayer.ru/>.
9. Еманов А. Ф., Еманов А. А., Лескова Е. В., Фатеев А. В. Техногенная сейсмичность Кузбасса. Режим доступа: <http://www.ipgg.sbras.ru/ru/science/publications/publ-tekhnogennaya-seysmichnost-kuzbassa-044386>.
10. Сообщение о сейсмическом событии ФИЦ Единая геофизическая служба РАН Алтае-Саянский филиал. <http://seishub.ru/latest/map.png>.

11. Уломов В. И., Шумилина Л. С., Акатова К. Н. Электронная база данных о повторяемости сейсмических сотрясений различной интенсивности на территории северной Евразии. <http://seismos-u.ifz.ru/personal/electr-earth.htm>.
12. Новиков И. С., Черкас О. В., Мамедов Г. М., Симонов Ю. Г., Симонова Т. Ю., Наставко В. Г. Этапы активации и тектоническая делимость Кузнецкого угольного бассейна (Южная Сибирь) // Геология и геофизика. 2013. № 54(3). С. 424–437.
13. Яковлев Д. В., Лазаревич Т. И., Цирель С. В. Природно-техногенная сейсмоактивность Кузбасса // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2013. № 6. С. 20–34.
14. Лазаревич Т. И., Мазикин В. П., Малый И. А., Ковалев В. А., Поляков А. Н., Харкевич А. С., Шабаров А. Н. Геодинамическое районирование Южного Кузбасса. Кемерово, 2006. 181 с.
15. Лазаревич Т. И., Поляков А. Н. Горный мониторинг сейсмической и геодинамической безопасности Кузбасса // Горная геомеханика и маркшейдерское дело. СПб.: ВНИМИ, 2009.
16. Сидоров Р. В., Корчагина Т. В. К вопросу проектирования консервации (ликвидации) неэффективных угледобывающих производств // Рациональное и комплексное освоение потенциала твердых полезных ископаемых недр России. Сборник статей. 2017. С. 167–175.
17. Филлипов С. А., Сытенков В. Н. Рациональное освоение ресурсов месторождений — путь к воспроизводству минерально-сырьевой базы горно-перерабатывающих комплексов // Рациональное и комплексное освоение потенциала твердых полезных ископаемых недр России. Сборник статей. 2017. С. 45–54.
18. Исаченко А. А., Петрова О. А. Анализ влияния изменчивости горно-геологических и горнотехнических параметров на форму и размеры блоков, панелей и выемочных столбов в пределах шахтных полей // Вестник СибГИУ. 2016. № 3. С. 15–18.
19. Егоров П. В., Красильников Б. В., Калинин С. И, Замышляев В. Н. Разработка весьма сближенных пластов на шахтах Кузбасса. Прокопьевск: КузНИУИ, 1992. 286 с.
20. Протодьяконов М. М. Давление горных пород и рудничное крепление. Часть I. М.: ГИЗ, 1931. 104 с.
21. Исаченко А. А., Петрова Т. В. Оценка эффективности способов предотвращения пучения пород почвы штреков при отработке свиты весьма сближенных угольных пластов // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2016. Кемерово, 2016.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2024.15.79.001

UDC 622.031; 622.272.6; 622.831.325

© А. А. Isachenko, 2024

**A. A. ISACHENKO**

Candidate of Technical Sciences,  
Deputy General Director for Production  
Promugleproekt JSC, Novokuznetsk  
e-mail: metall\_kuzbass@mail.ru

#### **ANALYSIS OF THE FEATURES OF UNDERGROUND COAL MINING AT THE CURRENT STAGE OF DEVELOPMENT OF KUZBASS DEPOSITS**

*Over the past 30 years, there has been a sharp intensification of coal mining in certain mining regions of Russia. Increasing requirements for the grade composition of coal and its quality indicators leads to the need to mine formations of converged coal seams at depths of more than 500 m in difficult mining and geological conditions with a natural methane content of over 20 m<sup>3</sup>/t, in conditions of high concentration*

of mining operations by several mining enterprises. The use of traditional methods and means of underground coal mining in these increasingly complex mining and geological conditions does not ensure the intensification of technological processes and increase the level of industrial safety due to the negative integral influence of a complex of mining, geological and man-made factors. The article highlights the stages of the modern development of the region. The intensive industrialization of the region, which is based on the mining industry, is changing the parameters of the region's crust. This affects the stress-strain state of the subsurface and, as a result, the manifestation of geomechanical, geodynamic and seismic processes that complicate mining operations.

The results of the analysis of the peculiarities of the development of Kuzbass coal deposits at the present stage of the development of the coal industry are presented. An assessment of the impact on the safety of mine personnel and facilities of technology and infrastructure of seismic activity in mining areas has been carried out. The stages of deformation processes of mine workings are considered depending on the spatial location relative to the elements of the geomass and cleaning operations in the form of primary and secondary convergence. The negative factors influencing the state of preparatory mining are highlighted and options for technical measures aimed at reducing the effects of deformations for various stages of operation are presented. Deformation processes during the convergence of the soil of mine workings are analyzed. The conditions of primary and secondary convergence are highlighted. To develop technical solutions for safe methods of maintaining preparatory mine workings, classification based on location relative to the elements of the carbon-containing massif is considered.

Keywords: MINING ENTERPRISES, CONVERGENCE, ROCK PRESSURE, SEISMICITY.

## REFERENCES

1. On approval of priority areas for the development of science, technology and engineering in the Russian Federation and the list of critical technologies of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation of 07.07.2011 No. 899. Moscow, 2011. [In Russ.].
2. 2Apalkova T. G., Levchenko K. G. Main trends of the world coal market in the short term // Coal [Ugol]. 2022. No. 11 (1160). P. 32–37. [In Russ.].
3. Grib N. N., Grib G. V., Kachaev A. V. et al. Changes in the level of seismic activity in Southern Yakutia under the influence of industrial explosions // Trends in the development of science and education [Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya]. 2021. No. 71-1. P. 117–123. [In Russ.].
4. Kozyrev A. A., Semenova I. E., Zhukova S. A., Zhuravleva O. G. Factors of change in the seismic regime and localization of hazardous zones under large-scale man-made impact // Mining Industry [Gornaya promyshlennost]. 2022. No. 6. P. 95–102. [In Russ.].
5. Denisov S. V., Polyakov D. A., Dobrynin R. V. Specifics and forms of manifestation of technogenic seismicity at mining enterprises of Kuzbass based on instrumental observations // Science-intensive technologies for the development and use of mineral resources [Naukoyomkiye tekhnologii razrabotki i ispolzovaniya mineralnykh resursov]. 2020. No. 4. P. 461–464. [In Russ.].
6. Jacobi O. Practice of rock pressure management. Moscow: Nedra, 1987. 566 p. [In Russ.].
7. Isachenko A. A. Geomechanical substantiation of methods for controlling rock pressure during underground mining of very close coal seams: dis. candidate of technical sciences / Isachenko A. A. Kemerovo, 2018. 149 p. [In Russ.].
8. Ashurkov V. A. Kuznetsk earthquakes in the south of Kuzbass. Novokuznetsk: OOO Zapsibgeologiya. Access mode: <https://docplayer.ru/>. [In Russ.].
9. Emanov A. F., Emanov A. A., Leskova E. V., Fateev A. V. Man-made seismicity of Kuzbass. Access mode: <http://www.ipgg.sbras.ru/ru/science/publications/publ-tekhnogennaya-seysmichnost-kuzbassa-044386>. [In Russ.].
10. Seismic event report FIC Unified Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences Altai-Sayan branch. <http://seishub.ru/latest/map.png>. [In Russ.].

11. Ulomov V. I., Shumilina L. S., Akatova K. N. Electronic database on the recurrence of seismic tremors of varying intensity in the territory of northern Eurasia. <http://seismos-u.ifz.ru/personal/electr-earth.htm>. [In Russ.].
12. Novikov I. S., Cherkas O. V., Mamedov G. M., Simonov Yu. G., Simonova T. Yu., Nastavko V. G. Activation stages and tectonic divisibility of the Kuznetsk coal basin (Southern Siberia) // *Geology and Geophysics [Geologiya i geofizika]*. 2013. No. 54(3). P. 424–437. [In Russ.].
13. Yakovlev D. V., Lazzarevich T. I., Tsirel S. V. Natural and man-made seismic activity of Kuzbass // *Physical and technical problems of mineral development [Fiziko-tekhnicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh]*. 2013. No. 6. P. 20–34. [In Russ.].
14. Lazarevich T. I., Mazikin V. P., Malyi I. A., Kovalev V. A., Polyakov A. N., Kharkevich A. S., Shabarov A. N. *Geodynamic zoning of Southern Kuzbass*. Kemerovo, 2006. 181 p. [In Russ.].
15. Lazarevich T. I., Polyakov A. N. Mining monitoring of seismic and geodynamic safety of Kuzbass // *Mining geomechanics and mine surveying [Gornaya geomekhanika i marksheyderskoye delo]*. St. Petersburg: VNIMI, 2009. [In Russ.].
16. Sidorov R. V., Korchagina T. V. On the issue of designing the conservation (liquidation) of inefficient coal mining industries // *Rational and comprehensive development of the potential of solid minerals of the subsoil of Russia. Collection of articles [Ratsionalnoye i kompleksnoye osvoyeniye potentsiala tverdykh poleznykh iskopayemykh nedr Rossii. Sbornik statey]*. 2017. P. 167–175. [In Russ.].
17. Filippov S. A., Sytenkov V. N. Rational development of deposit resources – the path to the reproduction of the mineral resource base of mining and processing complexes // *Rational and comprehensive development of the potential of solid minerals of the subsoil of Russia. Collection of articles [Ratsionalnoye i kompleksnoye osvoyeniye potentsiala tverdykh poleznykh iskopayemykh nedr Rossii. Sbornik statey]*. 2017. P. 45–54. [In Russ.].
18. Isachenko A. A., Petrova O. A. Analysis of the influence of variability of mining-geological and mining-technical parameters on the shape and size of blocks, panels and extraction pillars within mine fields // *Bulletin of SibSIU [Vestnik SibGIU]*. 2016. No. 3. P. 15–18. [In Russ.].
19. Egorov P. V., Krasilnikov B. V., Kalinin S. I., Zamyshlyayev V. N. *Development of very closely spaced seams in Kuzbass mines*. Prokopyevsk: KuzNIUI, 1992. 286 p. [In Russ.].
20. Protodyakov M.M. *Rock pressure and mine support. Part I*. Moscow: GIZ, 1931. 104 p. [In Russ.].
21. Isachenko A. A., Petrova T. V. Evaluation of the effectiveness of methods for preventing heaving of rocks in the soil of adits during the development of a suite of very close coal seams // *Natural and intellectual resources of Siberia. Sibresurs 2016*. Kemerovo, 2016. [In Russ.].