

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 622.848 : 504.61

ЭЛЕМЕНТЫ И АСПЕКТЫ ПОСТЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ПЕРИОДА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Кристиан Мельхерс¹,

доктор техн. наук, профессор, e-mail: Melchers@tfh-bochum.de

Юрген Кречманн¹,

доктор техн. наук, профессор, e-mail: Kretschmann@tfh-bochum.de

Петер Гёрке-Маллет¹,

доктор техн. наук, профессор, e-mail: Goerke-Mallet@tfh-bochum.de

Карл Кляйнеберг¹,

горный инженер, e-mail: Kleineberg@tfh-bochum.de

Тюленев Максим Анатольевич²,

кандидат техн. наук, доцент, e-mail: tma.geolog@kuzstu.ru

¹Technische Fachhochschule Georg Agricola für Rohstoff, Energie und Umwelt zu Bochum Staatlich anerkannte Fachhochschule der DMT-Gesellschaft für Lehre und Bildung mbH. Herner Straße 45, 44787 Bochum

²Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

Аннотация: Добыча каменного угля в Германии будет окончательно прекращена в 2018 году. Непосредственно после окончания добычи начнется постэксплуатационный период (постэксплуатационная фаза) горных предприятий. Элементы и аспекты постэксплуатационного периода требуют постоянных взвешенных решений и оценки рисков для будущих поколений. Постэксплуатационный период выделяет несколько задач при закрытии (ликвидации) горных предприятий: безопасность, реконструкция и последующее использование территорий. Особым аспектом являются шахтные воды и их использование. Увеличится ли уровень шахтных вод при отключении водоотлива или возникнут существенные проблемы, которые можно было бы исправить дальнейшей откачкой шахтных вод? Важным моментом является разработка подходящих концепций мониторинга. После санации промышленных площадей по современным экологическим стандартам возможно дальнейшее всестороннее использование данных территорий, размещение промышленных предприятий, создание возобновляемых источников энергии, улучшение экологических условий для культурного и туристического пользования.

Ключевые слова: постэксплуатационный период, геоэкология, ликвидация горных предприятий.

В последние десятилетия характерным явлением для горного дела в Германии стало закрытие многочисленных горных предприятий по добыче каменного угля. В первую очередь это коснулось подземной добычи угля, вследствие чего возникла необходимость экологического и ответственного подхода к рациональному использованию ресурсов при закрытии горных предприятий.

После того как в 2012 году была прекращена добыча каменного угля на территории Саарланд, насчитывающей двухсотлетнюю историю добычи, последует закрытие последнего добывающего предприятия самого большого каменноугольного бассейна Германии – Рурского бассейна – в Иббенбюрене (Ibbenbüren) в 2018 году.

С плотностью населения 2800 человек на 1 км² и населением порядка 5 миллионов человек Рурская область является самым урбанизированным регионом Германии, а также считается самым густонаселенным угольным регионом в мире.

Начиная с XII века здесь добывался уголь. За все время добычи на-гора было выдано 10 миллиардов тонн каменного угля. Добыча угля достигла глубин более 1500 м, и за последние 150 лет максимальное понижение дневной поверхности составило в отдельных местах порядка 25 м. С 1930 по 1960 г. на горных предприятиях было задействовано почти 500.000 человек, годовая добыча составляла 130 миллионов тонн угля. Все это было основой крупнейшего европейского промышленного региона в горном деле, в производстве стали, в машиностроении и в индустриальных услугах (Regionalverband Ruhr, 2012). На рис. 1 показано размещение основных угледобывающих районов на территории Германии.

Горная промышленность являлась основой инфраструктуры региона. Автомобильные и железные дороги, судоходство и иные виды транспорта развились вследствие необходимости транспортировки людей, материалов, угля и т.д.,

что было обусловлено потребностями горных предприятий. Населенные пункты, со временем превратившиеся в большие города, когда-то возникали рядом с горными предприятиями и к сегодняшнему дню разрослись в уникальный и единственный в своем роде в Европе метрополис. Социальные структуры были обусловлены традициями горняков.

Но каждое горное предприятие неизбежно будет когда-нибудь закрыто.

Причинами их закрытия являются истощение месторождений или экономическая нецелесообразность дальнейшей эксплуатации. В большинстве случаев эти две причины совпадают во времени, что приводит к закрытию/ликвидации предприятий и одновременно знаменует собой начало постэксплуатационного периода, представляющую собой новую центральную задачу-вызов.

В связи с вышеописанным возникают следующие вопросы и проблемы:

– как будет окончена добыча, для того чтобы закрытое предприятие в будущем для следующих поколений не представляло никакой опасности или ограничений?

– могут ли быть сохранены или использованы по-новому важные и представляющие ценность

для будущего достижения и принципы?

– как изменится горнопромышленный регион после закрытия горных предприятий и будет ли служить основой для жизни последующим поколениям?

Кроме этого постэксплуатационные аспекты также актуальны и для действующих предприятий. Согласно старому принципу:

“quidquid agis, prudenter ages et respice finem” –
(*Was du auch tust, handele klug und bedenke das Ende*)

Что бы ты ни делал, делай разумно и думай о конечной цели!

любому современному, экологичному и рациональному по отношению к ресурсам горному предприятию необходимо еще при разработке месторождений учитывать аспекты постэксплуатационной фазы.

1. Требования к мероприятиям при закрытии / ликвидации горных предприятий (открытая / подземная разработка)

Постэксплуатационная фаза – начало будущего. С закрытием горных предприятий возникают следующие проблемы: ухудшение экономических, технических и социальных показателей регионов.

Территории бывших горных предприятий

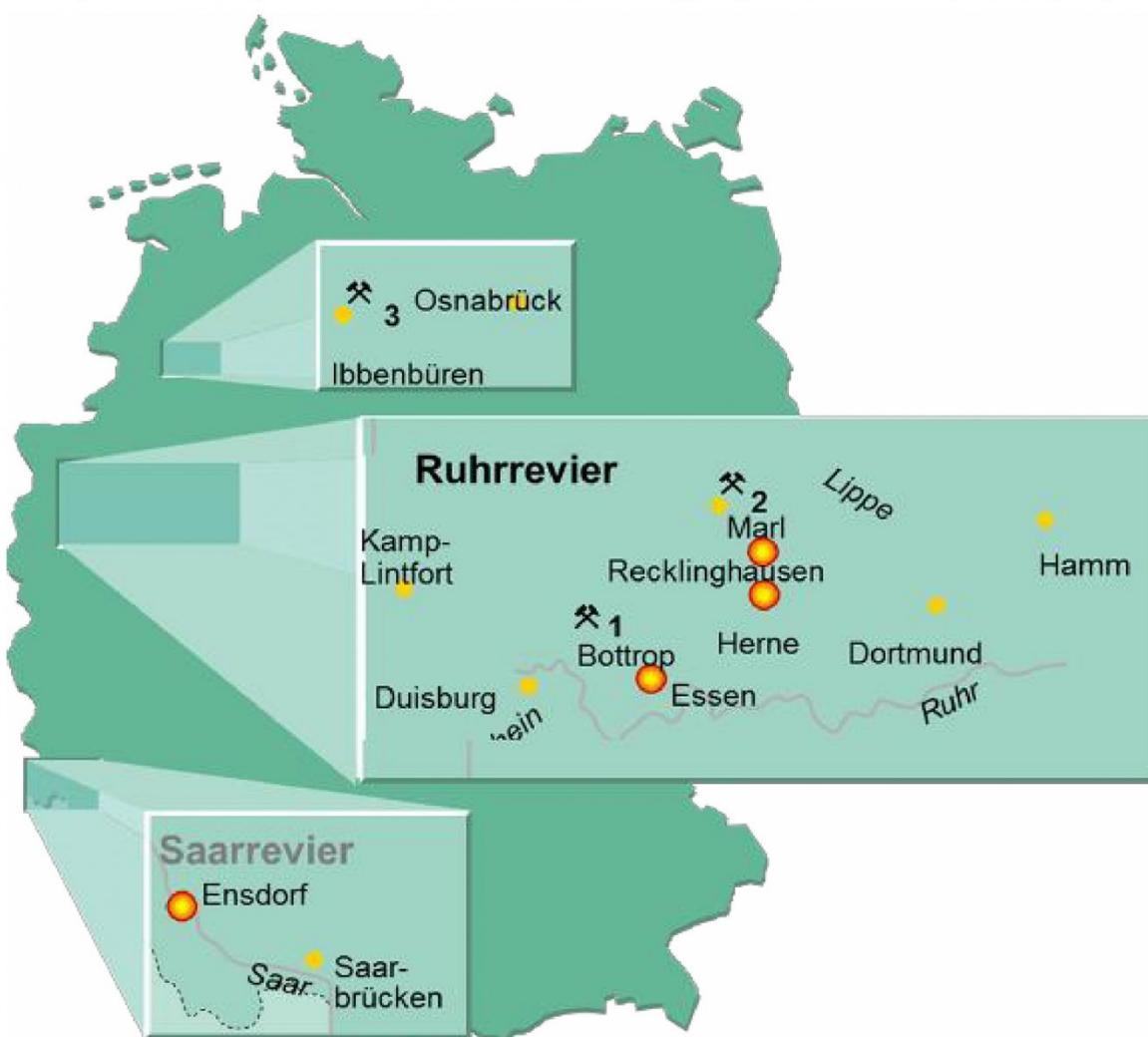


Рис. 1. Карта Германии с указанием районов по добыче каменного угля (GVST, 2014)

Таблица 1- Темы постэксплуатационной фазы

<p>Вода и газ</p> <ul style="list-style-type: none"> • Изменение уровня шахтных вод • Очистка шахтных вод • Очистка грунтовых вод • Мероприятия по осушению низин • Метан (шахтный газ) и его возможное применение 	<p>Территории и дальнейшее использование</p> <ul style="list-style-type: none"> • Планирование территорий • Рекультивация и последующее использование отвалов • Устранение/ликвидация последствий деятельности горных предприятий
<p>Грунты и стволы</p> <ul style="list-style-type: none"> • Безопасность вскрывающих выработок • Загрязнение грунтов/почв • Приведение сооружений в безопасное техническое состояние 	<p>Общее</p> <ul style="list-style-type: none"> • История горного дела • Анализ и постановка задач • Финансирование работ, в особенности рассчитанных на длительный срок • Анализ выводов постэксплуатационной фазы для применения на существующих горных предприятиях

больше не имеют конкретной цели использования; площади, здания и сооружения приходят в упадок и представляют собой растущую опасность. Исчезают привычные социальные формы и традиции («культура горного дела»).

1.1. Темы постэксплуатационной фазы

Основная структура представлена в табл. 1.

1.2. Шахтные воды и поверхностные воды

Наблюдение за влиянием вод после закрытия / ликвидации горного предприятия имеет исключительное значение. Для того чтобы защитить дневную поверхность, в особенности застроенные территории, от затопления и их последствий, необходимо проводить наблюдения за возможными воздействиями, обусловленными повышением уровня шахтных вод. Учитывая, что откачка вод неизменно связана с долгосрочными расходами, необходимо особенно эффективно выстраивать режим откачки (Goerke-Mallet, Drobniewski, 2013). Возможно, необходимые мероприятия по водоотливу не имеют в ближайшей

перспективе своего окончания, тогда, как следствие, возникают задачи для поддержания водоотлива (откачки воды) «на века».

Начальной задачей является предотвращение попадания шахтных вод, изменяющих свой уровень, в поверхностные воды, образуемые осадками и природными водоемами. Поверхностные воды вследствие осадки грунтов из-за подземной отработки потеряли свой природный уклон (безнапорные системы) и поэтому еще во время активной фазы работы горных предприятий была организована напорная канализационная система, оборудованная насосными станциями, для управляемой перекачки дренажных вод в низинах (Kretschmann, 2014).

В течение столетий горные предприятия оказывали влияние на морфологию ландшафта, вследствие чего произошла просадка всего региона. В самых экстремальных случаях в Рурском регионе просадка достигла 25 м (Harnischmacher,



Рис. 2. Низина в Рурском регионе (EGLV 2013)



Рис. 3. Образование трещин при пучении грунтов после повышения уровня шахтных вод (Baglikow, 2003)

2010). Изначально ландшафт между реками Эмшер и Липпе был равнинный, а после осадки дневной поверхности оказалось, что 30% низин стали бессточными (рис. 2). Поэтому для всех водоемов, впадающих в Рейн, были сооружены дамбы и таким образом появилась антропогенная гидросистема. По причине потери естественного стока воды (самотек) и для поддержания поверхности низин в сухом состоянии используется более 200 насосных установок (EGLV, 2013). Нужно ежегодно осуществлять контроль за 70 млн. м³ шахтных вод и за 850 млн. м³ осадков и грунтовых вод из низин, при необходимости организовывая откачку и своевременный отвод вод. (Goerke-Mallet et al, 2014).

Особо важным заданием является защита водно-питьевых ресурсов в регионе от попадания шахтных вод (Terwelp, 2014).

Имеются два основных альтернативных решения для управления шахтными водами при закрытии / ликвидации горных предприятий: повышение уровня шахтных вод или длительная откачка.

При повышении уровня шахтных вод может возникнуть остаточная осадка поверхности. По опыту затопления шахт известно, что возникает пучение грунтов, но в подавляющем числе случаев это управляемо. Только в исключительных случаях возникает ущерб для зданий и сооружений и инфраструктуры на поверхности. В таких случаях почти всегда существует связь с тектоническими элементами месторождения (рис. 3).

За счет эффекта вытеснения могут последовать неконтролируемые выбросы шахтного газа, плановая дегазация и использование газа во время и после повышения уровня шахтных вод практически невозможны. Стволы и горные приповерхностные выработки, в особенности старые, которые долгое время не использовались или заброшены, могут представлять опасность при затоплении. Может быть ухудшено качество питьевой

воды – при контакте ее источников с высокоминерализованными шахтными водами. При данном решении не требуется откачивать шахтные воды.

Непосредственно сразу после закрытия горного предприятия начинается длительная откачка шахтных вод. После того как будет добыта последняя тонна угля и перераспределится горное давление, горный массив обретет состояние естественного равновесия, тем самым минимизируется остаточная осадка. Пучение грунтов в таком случае отсутствует. Соответственно, существует возможность использования шахтного газа и тепла шахтных вод. Также возможно использование подземных сооружений в туристических целях. Тем не менее возникают большие финансовые затраты на длительное поддержание водоотлива.

Для принятия оптимального решения необходимы своевременные прогнозы возникающих эффектов посредством соответствующих моделей, которые в настоящее время широко доступны. В этих моделях используется трехмерное изображение, а также учитывается влияние геологии, гидрогеологии, степени интенсивности подземных сооружений, открытых горных выработок.

Огромное значение не только для месторождений Рурского региона, но и для многих других горнопромышленных регионов имеют накопленные знания и опыт для оптимизации процессов закрытия предприятий. Проекты научно-исследовательского отделения Высшей школы технических наук им. Георга Агриколы (г. Бохум, Германия), специализирующегося на постэксплуатационной фазе горных предприятий, располагают всеми необходимыми проверенными данными и информацией о возможностях и рисках при управлении шахтными водами и затоплении различных горных предприятий (Melchers, Dogan, 2014). Сюда же относятся также рекомендации по экологичной очистке загрязненных шахтных вод.

На основе уже проделанных и проектных работ

Высшей школы технических наук им. Георга Агриколы можно сказать, что результаты работ являются положительными, и такие показатели, как риски при закрытии предприятий, снижаются, а процессы закрытия оптимизируются. Цель – ответственный подход к рациональному использованию ресурсов и их возобновляемости, создание стабильной безопасности дневной поверхности, безопасность водно-питьевых ресурсов, создание естественных условий для водоемов с достижением оптимальных затрат на их поддержание.

1.3. Грунты и шахты

Большое количество шахтных стволов, глубоких шахт и приповерхностных горных выработок нуждаются в работах по обеспечению безопасного состояния, рассчитанного на длительный срок, во избежание повреждений и разрушений на дневной поверхности, с тем чтобы сделать возможным дальнейшее использование промышленных территорий, воссоздать максимально приближенные к природным морфологические условия. Несколько лет назад исходя из этих соображений горные предприятия и соответствующие государственные службы начали осуществлять контроль за рисками и их регулирование (Sikorski, 2010).

Для создания безопасного состояния шахтных стволов и приповерхностных выработок применяется твердеющая закладка – бетон или другие новейшие материалы, которые соответствуют расчетам статического безопасного состояния. Постоянное заполнение подземных выработок и создание безопасного состояния в Рурском горно-промышленном регионе является огромной финансовой задачей (Welz, 2014).

Очистка бывших горнопромышленных территорий от загрязнений проводится в соответствии с современными нормами и законами, согласно закону о защите грунтов и почв Германии. При очистке территорий возможно использование различных методов и способов – от раскопки и замены (обратная засыпка) загрязненных грунтов с последующим сжиганием в специальных установках до создания в грунтах специальных строительных сооружений (стена в грунте).

После очистки и реконструкции территорий

промышленных предприятий созданы все условия для дальнейшего использования бывших промплощадок горных предприятий в различных целях.

1.4. Породные отвалы

Помимо застроенных и интенсивно используемых территорий горных предприятий существуют породные отвалы, которые тоже должны быть устранены. В случае, если породные отвалы при их формировании не были частично рекультивированы, они тоже подлежат рекультивации при закрытии предприятий и приведению их в безопасное состояние на длительный срок. В особенности это касается породных отвалов, имеющих крутые откосы. Предусмотрены различные мероприятия по безопасности: изменение углов откосов отвалов на более пологие, прокладка дренажа для отведения воды с тем, чтобы не происходило выноса твердых частиц и как следствие сползание откосов, озеленение отвалов для борьбы с образованием пыли и стабилизации поверхности откосов (рис. 5).

После мероприятий по рекультивации отвалов возможно их дальнейшее использование в качестве парков, зон отдыха людей, экологических зон городов. Старые отвалы превращаются в новый мир природы, которые становятся средой обитания для растительного и животного мира, и служат как природные ареалы для населения.

2. Анализ рисков и шансов в постэксплуатационную фазу

Надежное и постоянное управление и предотвращение различных опасностей и рисков со стороны горных предприятий является одним из главных аспектов нашего будущего. Многие из нас задаются вопросами создания возобновляемых источников энергии на огромных территориях бывших горных предприятий, а также вопросами новых перспектив для экономики, культуры, создания новых рабочих мест и зон отдыха.

Классификация рисков и шансов является одной из главных задач управления рисками.

В табл. 2 представлен обзор основных рисков и шансов, возникающих при закрытии горных предприятий.

Задача состоит в том, чтобы предотвратить или минимизировать элементарные риски и рассмотреть



Рис. 4. Породные отвалы угольного предприятия до и после рекультивации (Фото: Кляйнеберг К.)

Таблица 2 – Обзор рисков и возможного использования в постэксплуатационную фазу

Наименование	Риск	Возможное использование
Приповерхностные вскрывающие горные выработки	Безопасность, Повреждение/ущерб	Добыча метана, накопительная емкость, накопитель тепловой энергии, геологический парк
Осадка грунтов	Обводнение грунтов, повреждение/ущерб	Экологическое улучшение – влажные грунты
Пучение грунтов	Повреждение/ущерб	–
Геологическое нарушение на поверхности	Повреждение/ущерб	–
Выброс газа на поверхности	Безопасность	Добыча метана
Низины	Долговременная откачка	Водонасыщенные грунты
Откачка шахтных вод	Долговременная откачка	Использование энергии тепла шахтных вод
Отвалы, терриконы	Устойчивость, стабильность	Ветрогенератор, зона отдыха
Территории горных предприятий	Повышенная нагрузка на грунт	Индустриальный, жилой, культурный центры и т.д.

возможное позитивное использование в будущем определенных элементов (Kretschmann, Hegemann 2012).

3. Мониторинг

Горное предприятие не вечно и имеет свой срок эксплуатации, но некоторые задачи остаются на длительный срок, так называемые задачи «на века».

Основным элементом в постэксплуатационной фазе является постоянное, длительное наблюдение за изменениями ситуации и состояния.

- Оптимизированная система шахтных вод, как и водное хозяйство районов низин, нуждается в постоянном и длительном контроле.

- Заполненные закладкой подземные выработки и стволы необходимо контролировать. Состояния выработок должны отвечать нормам безопасности, в противном случае необходимы работы по приведению их в безопасное состояние.

Поэтому системы различных мониторинговых концепций являются неотъемлемой частью постэксплуатационного периода.

Такие концепции начинаются с разработкой прогнозных моделей за наблюдением различных явлений. После этого разрабатываются системы наблюдения с автоматической базой данных. В результате возникает ответственный, надежный, безопасный и достоверный подход ко всем аспектам постэксплуатационного периода для достижения максимальных целей и минимизации последствий в будущем.

Без такого подхода к использованию и возобновлению ресурсов в нашем обществе не будет

принятия горного дела и его последствий.

4. Возможность последующего использования закрытых горных предприятий как ресурс будущего

Бывшие промышленные территории представляют собой новые перспективы для экономики, культуры, создания новых рабочих мест не только для горняков, но и их детей. Например, на рис. 5 показано типичное горное предприятие с соответствующей инфраструктурой: шахтные стволы, производственные цеха, обогатительная фабрика, железнодорожные пути, коксохимическое производство, породные отвалы. Площадь предприятия составляла 140 га. Горная промышленность была огромной частью многослойного индустриального общества с большой промышленной составляющей.

На сегодняшний день строительство такого рода объектов по старым технологиям нерационально. Современные предприятия занимают меньшую площадь, они надежнее, эффективнее, чем в прошлом.

Новые идеи, инновации и разработки являются главным «двигателем» для будущих перспектив в развитых странах. Знания – это решающий потенциал, инновационное мышление – полезный ресурс и креативность, тяга к новому и стремление к изменениям – инструменты реализации. Индустриальная культура является источником новых идей для дальнейшего использования бывших промплощадок. Бывшие промышленные здания и сооружения дают возможность реализации новых креативных идей в старинных стенах.

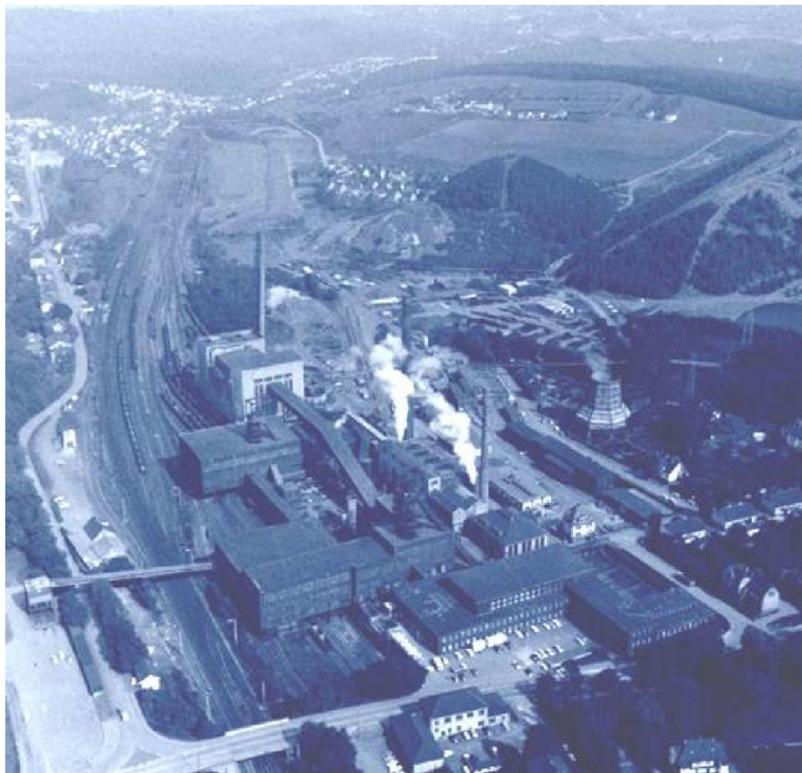


Рис. 5. Угольное предприятие Реден, Саарланд 1960 г. (фото Кляйнеберг К.)

Горная промышленность создала новые ландшафты: породные отвалы, хвостохранилища и промплощадки, которые по своей сути и внешнему виду далеки от естественного состояния природы, и таким образом могут быть использованы совершенно по-новому.

Эти площадки возможно использовать для отдыха и занятия спортом. Удаленные площади с новой возникающей природной системой считаются динамично развивающимися и поэтому являются особенно ценными. Также возможно создание инфраструктуры для использования возобновляемых источников энергии на таких территориях.

Температура шахтных вод составляет 30°C, и если будет производиться длительная откачка, то возможно использование большого количества тепловой энергии шахтных вод. Уже существуют пилотные проекты в Рурском регионе и регионе Саарланд, где тепловая энергия шахтных вод, проходящих через теплообменники и тепловые насосы, используется для отопления.

Существуют большие территории, на которых возможно размещение солнечных батарей мощностью 15 МВт (рис. 6, рис. 7), что сопоставимо с полным обеспечением электроэнергией 5000 семей, что уже доказали первые пилотные проекты.

Высота некоторых отвалов достигает 80-100 м. На их поверхности постоянно присутствуют сильные воздушные потоки. На некоторых отвалах уже установлены ветродвигатели (рис. 8), которые производят электроэнергию.

Другие площади бывших промышленных территорий имеют потенциал для производства био-

массы.

К элементам постэксплуатационного периода также относятся достижения прошлого для разработки и использования чего-то нового в будущем. При этом очень важно искать необычное, найти его, использовать, и сделать маркой инновационного мышления.

Перемены должны найти свою основу в достижениях прошлого. Такое возможно только в архитектуре, дизайне и перспективах старинных зданий и сооружений горных предприятий. В этом и есть отличие от повседневности и привычности.

Инновации или услуги новых предприятий, которые строят свое будущее в стенах бывших горных предприятий, только выигрывают от этого. Архитектура старых зданий и сооружений горных предприятий всегда поражала воображение своими неповторимыми решениями (рис. 8).

5. Научно-исследовательское отделение и компетентный центр постэксплуатационного периода горных предприятий

Для обеспечения безопасности дневной поверхности, а также длительного поддержания уровня шахтных вод и системной работы над снижением экологических загрязнений фонд RAG два года назад учредил новую специальность в магистратуре «Геомеханика и постэксплуатационная фаза горных предприятий» высшей технической школы им. Г. Агриколы. Данное отделение осуществляет подготовку специалистов, которые будут владеть необходимыми знаниями о постэксплуатационной фазе горных предприятий и сохранять их.



Рис. 6. Солнечные батареи, горное предприятие Göttelborn, Саарланд (фото RAG AG)



Рис. 7: Ветродвижитель на отвале в Рурском регионе (RAG AG)



Рис. 8. Промышленное здание после реконструкции, горное предприятие Reden (фото Кляйнеберг К.)

Помимо образовательной функции компетентный центр ведет научно-исследовательскую деятельность, выстраивает сотрудничество с различными организациями и обладает различным ноу-хау. К осуществляемым проектам относятся также:

- Измерения плотностей различных слоев воды при затоплении;
- Мониторинг за процессами затопления под землей;
- Исследования водоотводящих штолен;
- Анализ уже успешно проведенных затоп-

лений шахт в Германии, в Европе и за океаном.

Высшая техническая школа им. Г. Агриколы и компетентный центр «постэксплуатационной фазы горных предприятий» обладает богатым опытом и знаниями для реализации проектов любой сложности.

Постэксплуатационный период является главной задачей, которая в перспективе будет длиться вечно. Это актуально для каждой страны в частности и для мира в целом. И эксплуатирующая компания бывшего горного предприятия несет особую ответственность при этом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Baglikow, Volker (2003): Bergschäden nach Beendigung der Grubenwasserhaltung im tiefen Bergbau, Zeitschrift Das Markscheidewesen 2003, Nr.2
2. EGLV (ed) (2013) Booklet Fließgewässer im Emscherraum – Biologie, Beschaffenheit, Bachsysteme, Essen, S. 71.
3. Goerke-Mallet, P., Drobniewski M., (2013): Planning long-term mine-water management for the Ibbenbüren coal basin. XV International ISM Congress, Aachen (International Society for Mine Surveying), pp. 319 – 324.
4. Goerke-Mallet P., Mersmann J., Beermann T., Stöttner M. (2014): Optimierung der langfristigen Wasserhaltung von Bergbaubetrieben mit Hilfe langer, gerichteter Bohrlöcher und Schlauchliner-Technik. Altbergbaukolloquium, Essen: VGE Verlag GmbH, pp. 163 - 171.
5. Harnischmacher, S. (2010) Quantification of mining subsidence in the Ruhr District (Germany), in Géomorphologie: relief, processus, environnement, Vol. 3, pp.261 – 274.
6. Kretschmann, J. (2014): Sustainable Land Management in Urban Areas: The Ruhr as a Role Model, 2014, Kuzbass Staatliche Technische Universität, wissenschaftlich-technische Zeitschrift, S.127
7. Kretschmann, J. and M. Hegemann (2012): New chances from old shafts – Risk Management in Abandoned Mine Sites in Germany. In: Proceedings of the annual meeting of the Society for Mining, Metallurgy & Exploration in Seattle, Washington, USA. Red Hook, NY: Curran Associates, 2012, 153-158.
8. Melchers, C., Dogan, T. (2014) Studie zu erfolgten Grubenflutungen in Steinkohlenrevieren Deutschlands und Europas. Altbergbaukolloquium, Essen: VGE Verlag GmbH, pp. 300 – 305.
9. RAG Aktiengesellschaft (2014) Neue Wasser – Wege: Die Konzepte zur Grubenwasserhaltung der RAG, in Steinkohle – Das Mitarbeitermagazin der RAG Aktiengesellschaft, Herne, Vol. 12, pp. 4 – 5.
10. RAG-Stiftung (ed) (2014) Ewigkeitsaufgaben, Essen, viewed 12 January 2015, <http://www.rag-stiftung.de/ausgelagert/impressum/>.
11. Regionalverband Ruhr (2012) Kleiner Zahlenspiegel der Metropole Ruhr – Zahlen, Daten, Fakten, Stand Dezember 2011, Essen, p. 9.
12. Sikorski, A., Reinersmann, N. (2010) Altbergbau in Nordrhein-Westfalen, in Bergbau – Zeitschrift für Rohstoffgewinnung, Energie, Umwelt, Essen, Vol. 61 (1), pp. 9- 14.
13. Terwelp, T. (2014) Bergwerksstilllegungen unter Berücksichtigung der Grubenwassersituation im Zuge der Stilllegung des Steinkohlenbergbaus im Ruhrrevier aus Sicht der Bergbehörde, in Bergbau – Zeitschrift für Rohstoffgewinnung, Energie, Umwelt, Essen, Vol. 65 (10), pp. 454 - 459.
14. Welz, A. (2014) Gefahren des Altbergbaus aus der Sicht der Bergbehörde, Praktikerseminar Rechtsfragen des Altbergbaus, Ruhr- Universität Bochum, 2 September 2014.

Поступило в редакцию 26.09.2015

UDC 622.848 : 504.61

ELEMENTS AND ASPECTS OF THE POST-OPERATIONAL PERIOD OF MINING ENTERPRISES

Christian Melchers¹

Prof. Dr, e-mail: Melchers@tfh-bochum.de

Jürgen Kretschmann¹

Prof. Dr., e-mail: Kretschmann@tfh-bochum.de

Peter Goerke-Mallet¹

Prof. Dr., e-mail: Goerke-Mallet@tfh-bochum.de

Karl Kleineberg¹

Mining Engineer, e-mail: Kleineberg@tfh-bochum.de

Maxim A. Tyulenev²

Associated Prof., e-mail: tma.geolog@kuzstu.ru

¹Technische Fachhochschule Georg Agricola für Rohstoff, Energie und Umwelt zu Bochum Staatlich anerkannte Fachhochschule der DMT-Gesellschaft für Lehre und Bildung mbH. Herner Straße 45, 44787 Bochum

²T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Abstract: *Production of coal in Germany will be finally ceased in 2018. Directly after the end of production a post-mining period (a post-mining phase) of the mining enterprises will begin. Elements and aspects of the post-mining period demand constant weighed decisions and an assessment of risks for future generations. The post-mining period highlights some tasks at closing (abandoning) of the mining enterprises: safety, reconstruction and subsequent use of territories. Special aspect is mine waters and their use. Whether the level of mine water outflow will increase at shutdown or will be there vital issues which could be improved by further pumping of mine waters? An important point is development of suitable concepts of monitoring. After sanitation of the industrial areas as per modern environmental standards further comprehensive use of these territories is possible as well as placement of the industrial enterprises, creation of renewables, improvement of ecological conditions for cultural and tourist use.*

Keywords: *post-mining period, geo-ecology, abandonment of the mining enterprises.*

REFERENCES

1. Baglikow, Volker (2003): Bergschäden nach Beendigung der Grubenwasserhaltung im tiefen Bergbau, Zeitschrift Das Markscheidewesen 2003, Nr.2
2. EGLV (ed) (2013) Booklet Fließgewässer im Emscherraum – Biologie, Beschaffenheit, Bachsysteme, Essen, S. 71.
3. Goerke-Mallet, P., Drobniowski M., (2013): Planning long-term mine-water management for the Ibbenbüren coal basin. XV International ISM Congress, Aachen (International Society for Mine Surveying), pp. 319 – 324.
4. Goerke-Mallet P., Mersmann J., Beermann T., Stöttner M. (2014): Optimierung der langfristigen Wasserhaltung von Bergbaubetrieben mit Hilfe langer, gerichteter Bohrlöcher und Schlauchliner-Technik. Altbergbaukolloquium, Essen: VGE Verlag GmbH, pp. 163 - 171.
5. Harnischmacher, S. (2010) Quantification of mining subsidence in the Ruhr District (Germany), in Géomorphologie: relief, processus, environnement, Vol. 3, pp.261 – 274.
6. Kretschmann, J. (2014): Sustainable Land Management in Urban Areas: The Ruhr as a Role Model, 2014, Kuzbass Staatliche Technische Universität, wissenschaftlich-technische Zeitschrift, S.127
7. Kretschmann, J. and M. Hegemann (2012): New chances from old shafts – Risk Management in Abandoned Mine Sites in Germany. In: Proceedings of the annual meeting of the Society for Mining, Metallurgy & Exploration in Seattle, Washington, USA. Red Hook, NY: Curran Associates, 2012, 153-158.
8. Melchers, C., Dogan, T. (2014) Studie zu erfolgten Grubenflutungen in Steinkohlenrevieren Deutschlands und Europas. Altbergbaukolloquium, Essen: VGE Verlag GmbH, pp. 300 – 305.
9. RAG Aktiengesellschaft (2014) Neue Wasser – Wege: Die Konzepte zur Grubenwasserhaltung der RAG, in Steinkohle – Das Mitarbeitermagazin der RAG Aktiengesellschaft, Herne, Vol. 12, pp. 4 – 5.
10. RAG-Stiftung (ed) (2014) Ewigkeitsaufgaben, Essen, viewed 12 January 2015, <http://www.rag-stiftung.de/ausgelagert/impressum/>.
11. Regionalverband Ruhr (2012) Kleiner Zahlenspiegel der Metropole Ruhr – Zahlen, Daten, Fakten, Stand Dezember 2011, Essen, p. 9.
12. Sikorski, A., Reinersmann, N. (2010) Altbergbau in Nordrhein-Westfalen, in Bergbau – Zeitschrift für Rohstoffgewinnung, Energie, Umwelt, Essen, Vol. 61 (1), pp. 9- 14.
13. Terwelp, T. (2014) Bergwerksstilllegungen unter Berücksichtigung der Grubenwassersituation im Zuge der Stilllegung des Steinkohlenbergbaus im Ruhrrevier aus Sicht der Bergbehörde, in Bergbau – Zeitschrift für Rohstoffgewinnung, Energie, Umwelt, Essen, Vol. 65 (10), pp. 454 - 459.
14. Welz, A. (2014) Gefahren des Altbergbaus aus der Sicht der Bergbehörde, Praktikerseminar Rechtsfragen des Altbergbaus, Ruhr- Universität Bochum, 2 September 2014.

Received 26 September 2015

УДК 622.533.17

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ТЕРМОДИНАМИКИ РАСПАДА
УГЛЕМЕТАНОВЫХ ГЕОМАТЕРИАЛОВ

Полевщиков Геннадий Яковлевич,

д.т.н., профессор, главный научный сотрудник, E-mail: Gas_coal@icc.kemsc.ru

Непина Елена Сергеевна,

аспирант, ведущий инженер, E-mail: Gas_coal@icc.kemsc.ru

Цуран Елена Михайловна,

ведущий инженер, E-mail: Gas_coal@icc.kemsc.ru

Институт угля СО РАН. Кемерово, 650065, проспект Ленинградский, 10.

Аннотация.

Актуальность работы: Изучение газоносности угольных пластов имеет вековую историю, но и в настоящее время сохраняется ряд принципиальных вопросов о причинах существования метана в пластах, несмотря на их далеко не нулевую проницаемость в направлении к дневной поверхности и давление газа. Возможность углубление этих знаний к настоящему времени обеспечена развитием фундаментальных знаний свойств и состояний многокомпонентных геоматериалов и достижений электроники. Совокупность результатов этого развития позволяет активно совершенствовать методы и средства изучения непосредственно углеметановых геоматериалов и их эмпирического подобия в виде искусственно насыщенных метаном проб углей.

Цель работы: Разработка метода измерений термодинамических свойств газоносных и газонасыщенных углей.

Методы исследования: Анализ и обобщение научно-технической информации, обоснование и выбор направлений исследований, разработка метода и оборудования, проведение лабораторных и натурных экспериментов.

Результаты: Выполнена оценка процессов газоистощения углей, указывающая на переход состояния метана в угле после снятия напряжений от однофазной системы к двухфазной с сорбционным взаимодействием угля и метана на поверхностях раздела фаз. Показано, что с помощью современных технических и методических средств этот вывод может быть количественно установлен даже в такой сложной части измерений, как термодинамика процесса взаимодействия угля и газа.

Ключевые слова: Угольный пласт, шахта, газоносность, динамические газопроявления, сорбционная метаноемкость, твердый раствор, напряжения, распад, температура, давление газа.

Содержащийся в угольных пластах метан способен создавать давление до 4–6 МПа на глубинах 500–700 м. Максимальное замеренное давление (Донбасс, 1200 м) 12 МПа при газоносности пласта 40 м³/т. Несмотря на высокое давление, метан практически не выделяется из неразгруженных от горного давления угольных пластов при их далеко не «нулевой» газопроницаемости. В то же время, в области влияния горных работ газовая компонента пласта резко ограничивает их темпы и обуславливает динамические разрушения пласта в форме внезапного выброса с массой выброшенного угля в выработку до 12 тысяч тонн угля за 3,5 мин. Фактическая производительность современных очистных забоев на газоносных пластах в разы ниже технической возможной, т.к. газовый фактор затрудняет принятие адекватных технологических решений при развитии горных работ.

До настоящего времени в подавляющем большинстве исследований свойств и состояний газоносных пластов преобладают положения теории сорбции [1, 2], разработанные в начале второй половины XX века под руководством академика

А. А. Скочинского. Однако, практически все исследователи признают, что уже на глубинах в 500 м газоносность пластов в 1,5–2 раза превышает пределы сорбционной способности углей, а начальная скорость выделения метана из разрушаемого пласта на порядки меньше таковой из угля, насыщенного метаном в лабораторной колбе [3]. К тому же, в 1961 г. В. В. Ходотом [4] показано, что температура выделяющегося при внезапном выбросе газа должна, согласно термодинамике десорбции, понижаться относительно пластовой на 16 °С, но за многовековую историю проблемы выбросоопасности шахт этого эффекта не обнаружено.

Причины неадекватности сорбционных представлений раскрыты в работах российских ученых, развивающих фундаментальные знания о состояниях метана в угольных пластах и условиях смены метастабильных состояний геоматериала [5–8]. На наш взгляд наиболее перспективной является модель содержания метана в угольном пласте по типу твёрдого раствора [5, 6]. Из отмеченных работ следует, что углеметановый пласт представ-