

В.С. Савчук, В.Ф. Приходченко, Д.В. Приходченко

## ВЛИЯНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОЯВЛЕНИЕ И ВИДОВОЙ СОСТАВ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ ПОЛЬШИ

*Приведены результаты исследований влияния геологических факторов на проявление и видовой состав геодинамических явлений в угольных шахтах Польши.*

### ВПЛИВ ГЕОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОЯВИ І РІЗНОВИДИ ГЕОДИНАМІЧНИХ ЯВИЩ НА ВУГІЛЬНИХ ШАХТАХ ПОЛЬЩІ

*Наведено результати дослідження впливу геологічних факторів на прояви та різновиди геодинамічних явищ у вугільних шахтах Польщі.*

### INFLUENCE OF GEOLOGICAL FACTORS ON THE MANIFESTATION AND SPECIES COMPOSITION GEODYNAMIC EFFECTS IN COAL MINES OF POLAND

*The investigation results of geological factor influence on appearance and species compound of geodynamic phenomena in Poland coal mines are given.*

#### ВВЕДЕНИЕ

Польша относится к крупнейшему производителю угля в Европе и занимает четвертое место в мире по добыче каменного угля [1]. На начало XXI столетия добыча угля составила 164,2 млн т, из которых на долю каменного угля приходилось 104,2 млн т, а на долю бурого угля – 60 млн т. Эффективная отработка угольных пластов возможна примерно для 12 млрд т, из которых примерно 7 млрд т относятся к энергетическим уголям [1].

Общие и разведанные запасы в Польше оцениваются в 60,2 млрд т. Обеспеченность запасами угля составляет более 100 лет. Запасы каменных углей и его добыча связаны исключительно с угольными бассейнами каменноугольного возраста: Верхнесилезским, Нижнесилезским и Люблянским (рис. 1).

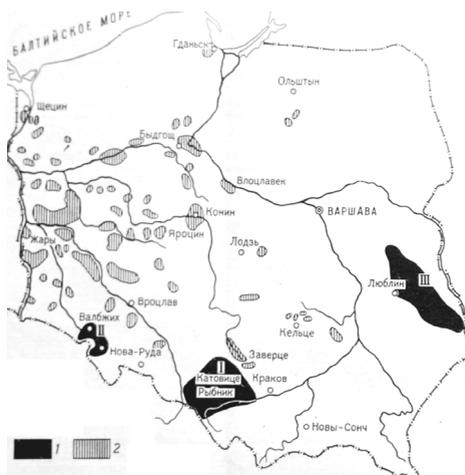


Рис. 1. Угольные бассейны и месторождения Польши [2]: 1 – каменноугольные бассейны: I – Верхнесилезский, II – Нижнесилезский, III – Люблинский; 2 – бурогоугольные месторождения

Формирование продуктивной угленосной формации карбона происходило в различных геотектонических условиях [2, 3]. С запада на восток, от внутренних зон герцинского орогена в направлении Восточно-Европейской платформы расположены формации трех типов: наложенных межгорных впадин (Нижнесилезский бассейн), предгорных прогибов (Верхнесилезский бассейн) и платформенных впадин (Люблинский бассейн).

## ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

**Нижнесилезский** каменноугольный бассейн расположен в юго-западной части Польши, на границе со Словенией и известен под названием как Валбжихский бассейн. Бассейн относится к лимническому типу бассейнов [2, 3].

Бассейн представляет собой мульду, вытянутую в юго-восточном направлении, длиной около 60 км и шириной 30 – 35 км. С востока, севера и запада бассейн ограничен древними метаморфическими и изверженными породами отрогов Судетских гор. Угленосные отложения слагают периферическую часть мульды. Слои карбона залегают с падением к центру мульды под углом 30 – 45°. По направлению к центру они уходят на большую глубину, порядка 1000 м.

Тектоника бассейна сложная. Углы падения пород на северном и восточном крыльях мульды довольно крутые (55 – 70°), на западе и в центре – пологие. Наиболее сложное строение угленосной толщи установлено в районе Валбжих и на юго-востоке.

Вулканизм в бассейне проявлялся в несколько фаз. Наибольшая вулканическая деятельность достигла в послекарбонное время, образуя ряд трещиноватых порфировых массивов, через которые в угольные пласты проникает углекислый газ [2]. Большая его часть сорбируется углем, а остальная находится в свободном состоянии в порах и трещинах угольного веществ-

ва. Далее вулканическая деятельность заметно уменьшилась, однако ее проявление проявлялось даже до третичного времени [2].

Угленосные отложения представлены тремя свитами: валбжихской, белокаменной, жацлерской.

Первая свита мощностью 220 м имеет 22 угольных пласта, из них рабочих – 12. Белокаменная свита (300 м) сложена почти целиком конгломератами и грубозернистыми песчаниками, с отдельными угольными пластами в верхней части. В жацлерской свите выделяются: нижняя (150 м) часть, богатая пластами угля, и верхняя (до 640 м) – с редкими маломощными пластами. Выше безугольные стефанские отложения имеют красно-бурю окраску и постепенно переходят в отложения «красного лежня».

Мощность валбжихских угольных пластов весьма изменчива по площади их распространения. Для отдельных пластов она изменяется от 0,6 до 3,2 м.

Метаморфизм углей изменяется от средней степени до высокой степени метаморфизма. Закономерной связи между метаморфизмом углей и стратиграфическим положением данного пласта не установлено. Степень метаморфизма одного и того же пласта иногда резко меняется как по падению, так и по простиранию. Объясняется это воздействием на уголь тел изверженных пород, преимущественно пермского времени. Некоторые исследователи предполагают наличие динамометаморфизма.

Угли, как правило, раздроблены, катаклазированы и милонитизированы. По петрографическому составу угли относятся к клареновым. Микрокомпоненты группы витринита составляют более 90%, при практически одинаковом содержании микрокомпонентов групп инертинита и липтинита.

Выход летучих веществ изменяется от 7 до 33%. Содержание влаги аналитической составляет в среднем 3,5%. Содержание серы изменяется в пределах от 0,3 до 1,3%,

чаще 0,65%. Количество минеральных примесей ( $A^d$ ) составляет от 11% (район Валбжиха) до 13 – 14% (район Нова-Руда). Удельная теплота сгорания углей ( $O_i^r$ ) колеблется от 31,4 МДж/кг в районе Валбжиха до 26,8 МДж/кг в районе Нова-Руда.

Угли, в соответствии с принятой в Польше классификаций, относятся к маркам 34 – 42, что соответствуют маркам Г – А по классификации, принятой в Украине. Угли марок 36 – 38 (марки К – Т) отсутствуют.

Добыча угля в бассейне велась подземным способом в двух районах: Валбжихском и Новорудском. В Валбжихском районе работало три шахты: «Валбжих» (поле «Хробры»), «Виктория» (поля «Барбара» и «Витольд») и «Торез». В Новорудском районе действовала одна шахта – «Нова-Руда», (поля «Пяст», «Пняки», «Боле-слав»). Отрабатывались в основном пологие, нарушенные пласты мощностью 1,0 – 2,0 м, залегающие на глубине свыше 400 м.

Отработка угольных пластов сопровождалась частыми и весьма сильными внезапными выбросами угля и углекислого газа или (реже) угля и метана, иногда угля и смеси этих газов. Бассейн относится к наиболее выбросоопасным бассейнам мира. За период с 1894 по 1990 гг. количество выбросов составило 1915. До закрытия шахт в Нижней Силезии ежегодно происходило 10 – 20 спровоцированных взрывами выбросов угля и газа ( $CO_2$ , смеси  $CO_2 + CH_4$ ,  $CH_4$ ). В 37 случаях они вызвали перерывы в работе шахт и повлекли за собой человеческие жертвы, в результате чего погибло 487 шахтеров. Чаще всего они происходили на шахтах «Нова-Руда», «Торез», «Цезарь София». Преобладали выбросы угля и углекислого газа (>97%). Выбросы угля и смеси углекислого газа и метана составили 0,85%. Выбросы угля и метана до 1979 года отмечались только на поле «Хробры» шахты «Валбжих». В последующие годы они в единичных случаях были отмечены в Новорудском районе [4].

На шахтах Валбжихского района за период с 1894 по 1978 гг. произошло 212 выбросов угля и газа. Первый выброс произошел на шахте «Цезарь-София» в 1894 году, на глубине 80 м. Масса выброшенного угля составила 57 т. Во время выброса погиб один человек. Преобладали выбросы угля и углекислого газа с небольшим количеством выброшенного угля. Так на шахте «Валбжих» объем выброшенного угля составлял 30 – 40 т, и только однажды составил 430 т. Выбросы интенсивностью более 200 т составили за этот период около 6%. Наибольший по силе выброс был отмечен на шахте «Торез», где было выброшено 1600 т угля и выделилось 19000 м<sup>3</sup> углекислого газа [4].

В районе отмечено неравномерное распространение выбросов. Валбжихский угленосный район состоит из двух неравных и асимметричных мульд: Собецин и Горце, разделенных антиклинальным поднятием, ядро которого сложено слоистыми порфирами [3].

Основная часть выбросов произошла в северо-восточной и восточной части мульды Собецин. Наибольшее количество выбросов происходило на глубине 410 – 558 м. Значительно меньше их было отмечено в центральной и западной частях мульды Собецин и мульды Горце. Интенсивность выбросов растет с глубиной. В центральной части мульды Собецин, где выбросы распространены слабее, их количество с глубиной не увеличивается. В западной части мульды Собецин и в мульде Горце известны единичные выбросы.

В Новорудском районе только с 1894 по 1979 гг. было отмечено 1293 выброса угля и газа, в том числе и выбросов огнеупорного сланца с пропластками угля [4].

На шахте «Нова-Руда», где отрабатываются пласты с выходом летучих веществ от 19,4 до 29,4%, сила выбросов угля и углекислого газа достигает 4 – 5 тыс. т на один случай. В качестве примера можно привести крупный выброс, который произошел в 1941 году. В результате этого выброса было разрушено 4,4 тыс. т угля и

выделилось приблизительно 200 тыс. м<sup>3</sup> углекислого газа. В результате удущья погибло 187 шахтеров. Там же в 1968 году, на глубине 450 м из угольного пласта «Роман» в течение 8 ч выделилось более 0,8 млн м<sup>3</sup> углекислого газа. Выброшенный уголь заполнил прилегающие выработки на расстоянии более 500 м. Население было эвакуировано, а оставшийся домашний скот погиб из-за недостатка кислорода [4]. До закрытия в 1974 году опасного поля «Боле-слав» на шахте «Новая Руда» произошло 32 крупных выбросов угля и газа. В последующие годы до закрытия шахты на полях «Пяст» и «Слупец» на глубине 860 м произошло 1192 выброса с максимальной силой при вскрытии пласта в 5 тыс. т угля и 750 тыс. м<sup>3</sup> углекислого газа. Число выбросов силой до 200 т на шахте «Новая Руда» составило 70%. Основное количество выбросов происходило в подготовительных выработках, и только около 5% отмечено в очистных забоях. Самый крупный выброс произошел в 1958 году на пласте «Франциск». Было выброшено 5000 т горной массы и 750 тыс. м<sup>3</sup> углекислого газа.

На шахте «Новая-Руда» отмечены единичные выбросы песчаника и углекислого газа. Они произошли при проходке разведочного полевого штрека *C* на относительной глубине 575 м. Угольные пласты в районе выбросов песчаника и газа характеризовались выходом летучих веществ от 28 до 38%. В результате первого выброса было засыпано 187 м полевого штрека. Выброс достиг величины 1840 т выброшенной породы и около 2000 м<sup>3</sup> углекислого газа. При проходке следующих 11 м полевого штрека произошел второй выброс песчаника и газа. Выброшенной породой было засыпано 178 м штрека. Величина выброса достигла 1255 т выброшенной породы и около 13000 м<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>. После этого выброса проходка полевого штрека была задержана на период более 5 лет [4].

Выбросоопасным является аркозовый песчаник светло-серого цвета с примесью зерен горной породы розового оттенка.

Структура песчаника псаммитовая (с величиной зерен до 2 мм) с примесью псефитовых зерен (зерно более 2 мм). Текстура беспорядочная. Содержание цемента в среднем более 15%. По составу он кремнисто-глинистый. Пористость песчаника изменяется от 6,8 до 8,4%. Давление газа составляет более 39,9 МПа [4].

Выбросоопасные песчаники Валбжихского района имеют более однородную структуру, практически без примесей связующего вещества. Они характеризуются большей механической прочностью и обладают более низкой пористостью (в среднем около 5%). Давление газа в скважинах, пробуренных по песчанику, не превышало 0,39 МПа (4 атм.). Песчаники залегают вблизи значительно менее газоносных угольных пластов, чем в Новорудском районе [4].

Кроме этих геодинамических явлений, на поле «Пяст» шахты «Новая Руда» были отмечены выбросы огнеупорного сланца залегающего ниже угольных пластов. Их возникновение связано с пропластками каменного угля, сопровождающими слои огнеупорного сланца. Отмечается весьма высокая зольность такого угля (до 40% и выше). Удельный вес выбросов сланцев и газа на шахте относительно невелик (≈17%). Мощность выбросов малая и средняя. Максимальная мощность выбросов составила 700 т. Происходят они на разных глубинах, в том числе и на 800 м. Приурочены выбросы исключительно к подготовительным выработкам, к зонам тектонических нарушений [4].

Польскими исследователями установлено, что на распределение внезапных выбросов угля оказывают влияние геологические факторы [4]. Характерной особенностью выбросоопасных угольных пластов является снижение крепости угля, потери блеска. Звуковые эффекты перед выбросом не устанавливаются. В выбросоопасном массиве отмечается уменьшение температуры на 4 – 7°. Наименьшая глубина первого выброса в бассейне составляет 80 м. Отмечается тенденция к увеличению числа

и интенсивности выбросов с глубиной. Глубина наибольшей активности выбросов составляет 190 – 750 м. Однако до настоящего времени не установлено связи между глубиной залегания угольных пластов и основными параметрами угля выбросоопасных пластов. Происходят они, как правило, в широком интервале значений выхода летучих веществ. Пласт считается опасным по выбросам, если его газоносность составляет от 8 до 16 м<sup>3</sup>/т, а крепость угля менее 0,8 по шкале Протодяконова. При разработке выбросоопасных пластов углекислотообильность выработки достигает 43 – 56 м<sup>3</sup>/т добываемого угля, что на 20 – 22% выше углекислотообильности неопасных пластов. Сорбционная газоемкость выбросоопасных угольных пластов при  $t = 20^\circ$  и давлении 5 МПа составляет по метану 11 – 22 м<sup>3</sup>/т, двуокиси углерода 28 – 43 м<sup>3</sup>/т.

Существенное влияние, по данным польских исследований, на распределение газа в угольных пластах оказывает их петрографический состав [4]. Установлено, что концентрация газа в пласте зависит от структурных характеристик витринита, содержание которого в пласта бассейна, как правило, превышает 90%. Так, на поле «Пяст» шахты «Нова-Руда» угольные пласты условно делятся две группы: верхнюю (группа пласта «Роман») и нижнюю (группа пласта «Францишек»). Угли пластов обеих групп раздроблены, катаклазированы и милотизированы. Первая группа характеризуется повышенной выбросоопасностью. При отработке пластов второй группы выбросов не наблюдалось. Пласты, в петрографическом составе которых преобладает структурный витрен, характеризуются повышенной концентрацией углекислого газа, влагеомкостью и являются более выбросоопасными.

Считается, что трещиноватые порфиры и тектонические нарушения выполняли роль каналов в подводе газа из более глубоких горизонтов. Предполагается, что его образование в глубине земной коры еще не

прекратилось. Миграция газов зависит от пространственного распределения газопроницаемых слоев и от характера геологических нарушений.

Угольные пласты бассейна характеризуются значительными колебаниями газоносности в отношении, как количества, так и состава содержащегося в одном и том же пласте газа. Содержание метана в пластах обнаруживают определенную зависимость от выхода летучих веществ. Максимальная метаноемкость приурочена к углям с выходом летучих веществ в пределах 13 – 17%. Природное содержание газов в угольных пластах составляет 2 – 25 м<sup>3</sup>/т  $CO_2$  и 0,8 – 15 м<sup>3</sup>/т  $CH_4$ . Важной особенностью является то, что не установлена зависимость общей и эффективной пористости от степени метаморфизма углей. Практика ведения горных работ показывает, что меньшая часть углекислого газа выделяется из угольного пласта, а большая аккумулируется в трещинах и порах боковых пород, откуда и поступает в выработанное пространство [5].

**Верхнесилезский бассейн** находится в юго-западной части страны, занимая площадь около 5500 км<sup>2</sup>. Южная часть этого бассейна находится на территории Чехии и выделяется там как Остравско-Карвинский бассейн [2, 3]. В бассейне сосредоточено до 80% всех запасов угля страны.

В тектоническом отношении он представляет собой предгорный прогиб. Крупная котловина, погружающаяся в юго-восточном направлении, сложена отложениями нижнего и среднего карбона (намюр-вестфал). Нижняя часть намюра – остравская серия – сложена осадками паралического типа. В верхней части намюрского яруса в границах седловой группы произошло изменение условий осадконакопления карбоновых пород, что привело к образованию комплекса отложений лимнического типа [2, 3].

При формировании бассейн испытал значительные тектонические воздействия со стороны Судетских гор на западе, а

также со стороны горных отрогов Карпат на юге и Польского среднегорья на севере. Наиболее интенсивные тектонические процессы проявились в западной части бассейна. Тектоника бассейна сложная. Большая часть бассейна характеризуется распространением форм разрывной тектоники. Разрывные нарушения больше характерны для западной, а также северной части бассейна. Из-за чего бассейн принимает блоковое строение. К основным структурным элементам этой площади относятся многочисленные сбросы, пологие изгибы слоев в виде антиклинальных поднятий, синклинальных зон и мульд.

В угленосной толще залегают более 459 угольных пластов и прослоев. Наиболее угленасыщенной является средняя часть разреза (рудская и седловая свиты) мощностью до 1000 м, в которой содержится до 30 пластов средней мощностью 1 – 2 м, единичных – 7 и 24 м. Угленосность снижается с запада на восток, в этом же направлении происходит расщепление и выклинивание пластов.

Степень метаморфизма углей повышается с востока на запад [3]. В бассейне имеются все виды каменных углей – от слабоизмененных энергетических до коксующихся углей. Изменение степени углефикации в вертикальном разрезе привело к зональному распределению качества углей. Градиенты изменений, определяющие ширину зон, степень метаморфизма, по площади бассейна непостоянны. В пределах одного шахтного поля качество углей довольно выдержано. Предполагается, что современное распределение марочного состава углей бассейна сформировано под влиянием изменяющегося во времени и пространстве геотермического поля в основном уже после тектонической инверсии. Степень метаморфизма углей изменяется по правилу Хильта. В региональном плане она уменьшается с запада на восток.

Эксплуатируются практически только энергетические угли марок 31 – 33 с выходом летучих веществ от 30% и более. Отличительное свойство углей – малое со-

держание в них минеральных примесей, которое не превышает 8%. Доля серы ( $S_t^d$ ) составляет от 0,86 до 1,99% [2].

Угли гумусовые и сапропелево-гумусовые. Содержание микрокомпонентов группы витринита пониженное (56 – 74%). Технологические свойства углей определяются в основном содержанием микрокомпонентов группы инертинита, количество которого колеблется от 15 до 32%. Иногда угли сапропелевые (кеннели, богхеды). Содержание группы липтинита изменяется в пределах 9,9 – 13,5%.

Бассейн разделен на пять углепромышленных районов. На западе находятся Рыбникский и Гливицкий, на севере – Центральный, на востоке – Краковский или Висловский, в центральной части – Пщинский [2, 3].

Угли пламенные с наименьшей степенью метаморфизма обрабатываются в Краковском районе. В пределах Центрального и Пщинского районов развиты угли газовые и газовые пламенные (марки 32 и 33) с выходом летучих веществ от 32 до 40%. Западная часть бассейна включает зону коксовых углей. На крайнем северо-западе и на юге бассейна распространены ортококсовые угли (марка 35) [2, 3].

Горно-геологические условия разработки углей сложные. Геотермические градиенты в пределах продуктивного карбона изменяются от 1,46 до 4,78 °C/100 м. Предельная величина температуры при ведении добычи угля в условиях влажных выработок – 28 °C. На значительной части бассейна она отмечается в углях на глубине 500 м (горизонт – 250 м). Температурные колебания в интервале 500 – 1250 м колеблется от 14,0 до 60,3 °C [3].

Бассейн метаносный. Метан находится в виде свободного газа в порах угля и горных пород, а также в сорбированном углистым веществом состоянии. Большинство шахт в бассейне негазовые. Около 40 из них относятся к газовым и частично газовым с выделением метана не более 3 м<sup>3</sup>/т. Несколько шахт («1 Мая», «Ястшембе» и др.)

являются весьма газообильными. В северной части бассейна, включая и Бытомскую мульду, в настоящее время отрабатываются пласты рудской и седловой свит и меньшей степени порембской и якловецкой свит. Шахты, находящиеся на севере, являются неметановыми («Бытом», «Андалузия» и др.). В восточном направлении пласты только слабометаносные. Шахты Домбаровского объединения также не содержат метана. На шахтах Рыбницко-Ястшембского объединения, где отрабатываются наиболее метаморфизованные угли с выходом летучих веществ около 28%, по мнению польских ученых, существует потенциальная угроза выбросов угля и газа.

К одной из самых трудноразрешимых проблем в угольной промышленности Польши относится опасности возникновения горных ударов. После войны, в конце сороковых годов, их количество достигало около 350 в год. В бассейне из 70 шахт в 40 отмечались горные удары. Добыча угля в этих шахтах составляет около 54% суммарной добычи угля в стране. Только в течение пяти лет (1979 – 1983) было зарегистрировано 13977 сейсмических толчков и горных ударов, из которых 1059 произошли с энергией до  $10^4$  Дж, 3080 ударов с энергией  $10^5$  Дж, 267 – до  $10^6$  Дж, 37 – до  $10^7$  Дж и 2 горных удара с энергией  $10^8$  Дж.

За период с 1980 по 1985 годы на шахтах бассейна произошло 113 горных ударов. Из них 32 были отмечены в очистных забоях, 81 – в подготовительных выработках, из-за чего произошло 62 массовых несчастных случая, погибло 73 человека [4].

Наибольшее распространение горные удары получили на севере страны, где расположено Бытомско-Рудское объединение, куда входило 11 шахт. Шахты расположены на юг от г. Бытома на площади более  $125 \text{ км}^2$ . Отрабатываются пласты свит якловецкой, порембской, седловской на глубинах 700 – 1000 м. Отмечается высокий уровень горных ударов, в том числе с энергией  $10^6$  Дж и более, особенно на шахте «Покуй», «Готвальд», «Вуен». Запасы под городом Бытомом оцениваются в

170 млрд т. В связи с увеличением глубины отработки под городом стали происходить многочисленные (до нескольких тысяч в год) сейсмических толчков. Это создает проблему функционирования сложных подземных сооружений, чувствительных к деформациям земной коры [4].

Значительное количество сейсмических толчков отмечается в Катовицком объединении. Так, на шахте «Катовице» при отработке на глубине 660 – 750 м пласта 510 мощностью до 10 м с углом падения  $10^\circ$  за 20 месяцев было отмечено 2500 сейсмических толчков, в том числе с энергией более  $10^3$  Дж, 15 – с энергией более  $10^6$  Дж и 1 – с энергией более  $10^7$  Дж.

На шахтах Рыбницко-Ястшембского объединения горные удары начали происходить с 60-х годов прошлого столетия. В объединение входило 14 шахт, из которых наиболее опасными по горным ударам являются четыре. Угольные пласты отрабатываются на глубинах от 450 до 850 м. До 1987 года на шахтах было отмечено 15 сильных ударов и зарегистрировано более 800 сейсмических толчков с энергией от  $10^5$  Дж до  $10^7$  Дж.

Кроме того, на шахтах этого объединения, где отрабатываются наиболее метаморфизованные угольные пласты, по мнению польских исследователей, существует потенциальная угроза выбросов угля и газа. Пока типичных явлений выбросов угля и газа не зафиксировано. Однако имеют место такие явления как газовыделения, выбросы угля, сопровождающиеся выделением большого количества газа. Все шахты относятся ко II – III категории опасности по метану. В 1979 году на шахте «Манифест-Липцовы» на глубине около 450 м во время работы комбайна произошел отрыв углы массой около 5 т с выделением значительного количества метана. Это явление характеризовалось значительным количеством характеристик классического выброса угля и газа. Другими предпосылками в пользу того, что на рыбницких шахтах возможны выбросы угля и газа, является сравнение их с шахтами Острав-

ско-Карвинского бассейна, являющегося продолжением Верхнесилезского бассейна в Чехии. На угольных шахтах в Остравско-Карвинском бассейне имели место интенсивные выбросы угля и газа. Сравнимые угли находятся практически на одной стадии метаморфизма, характеризуются низкой механической прочностью и одинаковыми адсорбционными и десорбционными свойствами [4].

Геологическими причинами горных ударов, прежде всего, являются: глубина, наличие мощных слоев вмещающих пород с прочностью 80 – 120 МПа, способность угольных пластов к накоплению напряжений [4].

Установлено влияние мацерального и микрокомпонентного состава углей на их прочностные свойства. Показано, что большую опасность для проявления горных ударов создают пласты, состоящие из гетерогенных микролитотипов, с преобладанием кларено-дюренового типа, при одновременной малой доли блестящего витринитового угля. Сильнотрещиноватые угли могут считаться разгруженными, т.е. не опасными по горным ударам. Участки с малой нарушенностью являются более опасными по горным ударам [4].

Установлено, что в Верхнесилезском бассейне при глубине до 350 м горные удары не происходят. Резкое увеличение количества горных ударов наблюдается на глубинах более 500 м. Предполагается, что на больших глубинах (1200 – 1500 м) удароопасность будет уменьшаться [4].

Более 97% всех горных ударов происходит в районах с активной сейсмической деятельностью. Причиной сейсмической активности, по мнению польских ученых, считается сжатие пород карбона под влиянием тектонических нарушений. Не степень нарушенности, а тектоническая уплотненность является причиной горных ударов в бассейне [4].

**В Люблинском** бассейне каменноугольные отложения характеризуются четко выраженными чертами платформенного типа. Мощность угленосной толщи состав-

ляет около 0,7 км. Она содержит до 90 угольных пластов, мощность которых в большинстве случаев составляет 0,9 – 1,2 м. Метаморфизм закономерно возрастает с глубиной. Угли в основном энергетические, марок 31 – 32. В небольшом количестве встречаются угли марок 33 и 34. Угли марок 31 и 32 преобладают в северной и северо-восточной частях бассейна. В центральной части бассейна содержатся марки 31 – 34. Зольность углей Люблинского бассейна высокая и составляет в среднем 14,8%. Удельная теплота сгорания по бассейну в среднем составляет 26,2 МДж/кг. Содержание серы весьма изменчиво и колеблется в пределах 0,25 – 13,8%, при среднем значении для бассейна – 1,92%. В стратиграфическом разрезе установлено увеличение ее содержания. Содержание группы витринита изменяется от 53,7 до 73,4%. Угли содержат несколько повышенное количество группы липтинита, в пределах от 10,6 до 16,2%. Запасы угля составляют около 7,2 млрд т. Между горизонтами 700 – 800 м залегают 28% всех запасов; 800 – 900 м – 34%; 900 – 1000 м – 26%.

Тектоническое строение бассейна благоприятное для эксплуатации. По газоносности пласты относятся к I – II категории. Температура в породах карбона на глубине 1000 м составляет 32,0 – 33,9 °C [3].

В бассейне работает шахта «Богданка», обрабатывающая угольные пласты на глубине более 700 м. Проявлений геодинамических явлений не отмечено.

## ВЫВОДЫ

Отработка угольных бассейнов Польши сопровождается определенным набором геодинамических явлений.

На распространение и видовой состав геодинамических явлений существенное влияние оказали геотектонические условия формирования угленосных формаций.

При отработке Нижнесилезского бассейна, который формировался в межгорной впадине, происходят исключительно вне-

запные выбросы угля и газа, песчаника и газа.

Повышенная выбросоопасность пластов обусловлена высоким содержанием углекислого газа.

Распространение выбросов угля и углекислого газа контролируется степенью метаморфизма и происходят в тех же интервалах выхода летучих веществ, установленных для выбросов угля и метана.

К наиболее выбросоопасным относятся блестящие витринитовые угли с повышенным содержанием структурных его разновидностей.

Разработка угленосной формации предгорного прогиба (Верхнесилезский бассейн) сопровождается проявлением горных ударов.

Горные удары в бассейне происходят при отработке угольных пластов низкой и средней стадией метаморфизма с выходом летучих веществ более 30%.

С увеличением степени метаморфизма отмечается проявление переходных видов геодинамических явлений, увеличивается опасность возникновения выбросов угля и газа.

Кларено-дюреновые угли с повышенным содержанием микрокомпонентов группы липтинита и инертинита представляют большую опасность для возникновения горных ударов, чем блестящие угли.

Отработка продуктивной формации платформенной впадины (Люблинский бассейн) не сопровождается проявлением геодинамических явлений.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Российская угольная энциклопедия. Т2. (К-П).* – М. – СПб.: Изд-во С.-П. картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2006. – С. 519 – 526.

2. *Матвеев А.К. Угольные бассейны и месторождения зарубежных стран / А.К. Матвеев.* – М.: Изд-во МГУ, 1979. – 311 с.

3. *Угольные бассейны и месторождения стран членов СЭВ и СФРЮ / Совет экономической взаимопомощи. Постоянная комиссия по сотрудничеству в области геологии.* – М., 1984. – 505 с.

4. *Свидзинский А.Т. О внезапных выбросах угля, породы и газа на шахтах ПНР / А.Т. Свидзинский, В.Н. Артамонов, В.В. Чистюхин // Разработка месторождений полезных ископаемых.* – 1982. – № 62. – С. 59 – 63.

5. *Дмитриев А.М. Проблемы газоносности угольных месторождений / Дмитриев А.М., Куликова Н.Н., Бодня Г.В.* – М.: Недра, 1982. – 263 с.

## ОБ АВТОРАХ

*Савчук Вячеслав Степанович* – д.геол.н., профессор кафедры геологии и разведки месторождений полезных ископаемых Национального горного университета.

*Приходченко Василий Федорович* – д.геол.н., профессор, заведующий кафедрой геологии и разведки месторождений полезных ископаемых Национального горного университета.

*Приходченко Дмитрий Васильевич* – ассистент кафедры общей и структурной геологии Национального горного университета.