

В.С. Савчук, В.Ф. Приходченко, В.И. Бузило

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРОЯВЛЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ ЯПОНИИ

Приведены результаты исследований влияния геологических факторов на проявление геодинамических явлений в угольных шахтах Японии.

ГЕОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ ПРОЯВУ ГЕОДИНАМІЧНИХ ЯВИЩ У ВУГІЛЬНИХ ШАХТАХ ЯПОНІЇ

Наведено результати дослідження впливу геологічних факторів на прояв геодинамічних явищ у вугільних шахтах Японії.

GEOLOGICAL FACTORS OF GEODYNAMIC EFFECTS MANIFESTATION IN JAPAN COAL MINES

Data are given about results of investigations on influence geological factors on development of geotectonic processes in coals mines of Japan.

Отработка угольных пластов в сложных горно-геологических условиях сопровождается проявлением различных видов геодинамических явлений. От успешного решения вопросов борьбы с этими явлениями во многом зависит развитие угольной промышленности. Разрешить эту проблему можно при комплексном изучении геологических особенностей проявления всех видов геодинамических явлений с учетом их генетического единства. Особый интерес с этой точки зрения представляют угольные бассейны Японии, формирование которых происходило в своеобразных геотермических условиях, а при отработке угольных пластов происходили практически все виды геодинамических явлений.

Япония относится к числу стран, сравнительно небогатых углем [1, 2]. Наибольшее значение имеет угленосность кайнозойского возраста, преимущественно палеогена, и в меньшей степени – неогена.

Основные угольные бассейны расположены на о. Хоккайдо и о. Кюсю (рис. 1) и характеризуются геосинклинальным режимом углеобразования.

Главные месторождения острова Хоккайдо находятся на склоне хребта Хидака и слагают самый крупный и наиболее изученный в Японии бассейн Исикари. Он имеет в длину до 110 км, а в ширину от 15 до 30 км. Палеогеновые отложения характеризуются мощностью от 700 до 3000 м и сложены глинистыми и песчаными породами с прослойками угля [1].

В тектоническом отношении бассейн представляет собой сильно дислоцированный синклиниорий с многочисленными сбросами и надвигами. Сброс Помбецу разделяет бассейн на северную и южную половину. В северной части расположено месторождение Сорати, основными структурами которого являются простирающиеся в меридиональном направлении две ос-

ложненные складками и сбросами антиклинали. В южной части бассейна расположено месторождение Юбари. Количество пластов и пропластков угля – около 150 [1, 2]. Наиболее продуктивные свиты расположены в центральной части бассейна. Пласты обычно сложного строения и невыдержанной мощности. Средняя мощность пластов составляет 0,7-4,0 м. Свойства углей сильно меняются в одних и тех же пластах на коротком расстоянии. Угли представлены от некоксующихся полубитуминозных (С, Д) до коксующегося битуминозного (В₂).

Угли верхних свит по свойствам близки к бурым углям. Пласты в большинстве своем сложены клареновыми петрографическими разностями, реже дюрено-клареновыми. На месторождении Сорати выход летучих веществ изменяется от 39 до 42-48%. Угли малосернистые, среднезольные. В северной части месторождения Юбари выход летучих веществ составляет от 36,0 до 42,0%. Угли более зольные (10-11%) по сравнению с углями месторождения Сорати [1, 2].



Рис. 1. Схема расположения угольных бассейнов Японии

В восточной части о. Хоккайдо вдоль побережья Тихого океана расположено месторождение Кусирос. Тектоническое строение бассейна простое и представлено пологой моноклиальной структурой. Число рабочих пластов незначительно, чаще от 2 до 3, при мощности от 0,7 до 2,2 м. Угли каменные, битуминозные класса Д и Е. Они содержат 8,4% влаги, выход летучих веществ составляет около 40%. Угли

малосернистые, содержание серы до 0,45%, количество минеральных примесей составляет 7-8%. Пласты частично залегают под морским дном [1, 2].

Угольная промышленность на о. Кюсю развита на северо-западном и западном берегу острова, где расположены палеогеновые угленосные бассейны: Кюсю, Сасебо, Миике [2].

Бассейн Кюсю представлен двумя раздельными между собой районами Тикухо и Фукуока. Угленосные отложения района Тикухо образуют две группы синклиналей меридионального простирания и характеризуются наличием многочисленных сбросов. Осложнения при отработке пластов вызывают широко распространенные интрузии андезитов и базальтов. Количество рабочих пластов с мощностью 1-3 м около 20. Угли спекающиеся битуминозные класса *C*, а также полубитуминозные и антрациты. Выход летучих веществ изменяется как в стратиграфическом разрезе, так и с глубиной. Угли по своему качеству являются лучшими в стране. Район Фукуока является западным продолжением бассейна Кюсю и объединяет три месторождения. Число угольных пластов от 5 до 24. Рабочую мощность имеют три, реже пять пластов угля мощностью 4,5-5,0 м. В районе Фукуока отработывались слабококсующиеся угли класса *D* [1, 2].

Угольный бассейн Миике находится на западном берегу о. Кюсю, имея в длину около 12 км и в ширину 6 км. Тектоника бассейна очень проста. В большей части территории палеогеновые отложения залегают моноκлиально. В отличие от других бассейнов о. Кюсю он лишен вулканических проявлений, отражающихся на характере угленосности или условиях отработки. Разрабатывались пласт «Главный» мощностью от 1,5 до 7,5 м и пласт «Шестифунтовый» мощностью в среднем 1,5 м. Уголь однородный. Местами он вообще лишен слоистости и κливажа и напоминает кеннелевые угли [1, 2]. Лучшим считается уголь пласта «Главный». Он относится к коксующемуся класса *C* с выходом летучих веществ 41,7-44,9%, зольностью до 10% и сернистостью от 2,5 до 3,6%. Содержание углерода составляет около 78,4%, а водорода – 5,4%.

Угольный бассейн Сасебо распространяется на 35 км в длину и до 28 км в ширину. Он является единственным представителем молодой миоценовой промышленной угленосности. Угленосная свита

содержит до 20 пластов угля. Она собрана в пологую моноκлиаль и разбита многочисленными сбросами. Широкое распространение в бассейне получили базальты. В эксплуатации находилось до 10 угольных пластов. Угли содержат 3,4% влаги и 1,4% серы. Выход летучих веществ составляет до 36,7% [1, 2].

В Японии уголь начал добываться с 1649 года в шахтах бассейна Миике на о. Кюсю. С 1886 года угольная промышленность дает более 1 млн. т угля в год, а с 1890 по 1913 гг. – от 2,5 до 21 млн. т угля в год. Максимальное его добыча приходится на 1940 г., когда было добыто 56 млн. т. В 1952 году в Японии было около 950 угледобывающих предприятий. Высокий уровень добычи был достигнут в 1961 г. (56 млн. т). В дальнейшем добыча угля постоянно снижалась. В 1987 году она составила 13,2 млн. т. В 2000 году в связи с тяжелыми горно-геологическими условиями, которые все время ухудшались, а также конкуренцией с азиатскими странами было принято решение о сворачивании угольной промышленности. В 2002 году была закрыта последняя каменноугольная шахта Тайхайо (Taiheiyo) [2].

Средняя глубина горных работ в угольных шахтах Японии составляла 640 м, а максимальная глубина – около 1300 м. Для островов Японии характерна вулканическая деятельность и высокая геотермическая ступень равная 0,07-0,1 град/м, из-за чего на о. Кюсю или о. Хоккайдо на глубине 700 м температура такая же как на глубине 3000 м в Южной Африке. Все острова разбиты на блоки сложной системой активных разломов, на которых возникают многочисленные умеренные и слабые по силе землетрясения [1, 2]. Иногда ежедневное количество слабых неглубокофокусных землетрясений достигает 600 толчков. Слабые толчки сопровождают извержения вулканов находящихся в Японии. Угольные шахты газообильны. Относительно часто в них происходят эндогенные пожары, взрывы метана, стрельняния пород, выбросы угля и газа, выбросы пород и га-

за, горные удары [3].

С 1925 по 1963 гг. на шахтах Японии произошло 944 выброса угля и газа. На о. Хоккайдо их было отмечено 507, остальные зафиксированы при отработке угольных пластов на о. Кюсю. К 1989 году их общее количество достигло 1334. Это привело к гибели более 300 шахтеров. В дальнейшем на угольных шахтах Японии ежегодно происходило от 5 до 11 выбросов угля и газа. Наиболее выбросоопасными шахтами на о. Хоккайдо являлись шахты «Утасинай», «Акабира», «Сунагава», «Понбецу», «Юбари-Шин», а на о. Кюсю шахты «Такасима», «Мицуи Яmano», «Шиме», «Тагава». Установлено, что на угольных месторождениях Каянуман и Темпоку случаев выбросов угля и газа не зафиксировано. На месторождениях Кусиро, Тамамаэ и Урютакие они были исключительно редки. Почти все они сконцентрированы на угольном месторождении Исакари [3].

Большинство выбросов угля и газа на угольных шахтах Японии происходит при вскрытии пластов, которое обычно производится со стороны почвы опасных пластов. Около 90% их количества произошло одновременно со взрывными работами. Чаще всего они происходили в квершлагах (40%), реже в штреках (> 30%). В очистных забоях они фиксируются исключительно редко, однако последствия их наиболее тяжелы. Величина природного давления метана на выбросоопасных пластах превышает 1,5 МПа, а метаноносность составляет 15-20 м³/т. Наиболее подвержен выбросам мягкий землистый уголь «Хоя» в бассейне Тикухо и чешуйчатый уголь «Ганбай» в районе о. Хоккайдо. Слой «Хоя» встречается в пластах в виде слоев мощностью до 0,5 м и представляет собой пылевидный уголь, обогащенный углистым материалом. Он весьма хрупок и легко растирается рукой. Образовался он за счет горизонтальных перемещений пород. Исключительно редко выбросы происходят на месторождениях, где угленосная толща представлена пологими моноклинальными

структурами с незначительным нарушением залегания. Таким примером может служить месторождение Кусиро [2, 3].

Влияние геологических факторов на распространение выбросов угля и газа хорошо отслеживается на примере бассейна Исакари, где сконцентрированы почти все их количество произошедших на о. Хоккайдо. По площади бассейна выбросы угля и газа распространены крайне неравномерно. Больше всего их зафиксировано в северной части, на месторождении Сорати. В южной части бассейна их количество незначительно. Соотношение зафиксированных выбросов угля и газа в северной и южных частях бассейна составляет 20:1. Такое различие, по мнению японских ученых, зависит от геологических характеристик месторождений [1].

На месторождении Сорати угленосная толща достигает мощности 2-3 км и содержит 30-60% песчаников. Количество угольных пластов обычно свыше 20. Месторождение Юбари характеризуется меньшей мощностью угленосной толщи (1-1,5 км), с преобладанием в ее составе аргиллитов и алевролитов, при незначительном содержании (< 10%) песчаников. Количество угольных пластов не превышает 6-8 [1, 2].

Отличаются месторождения и по тектоническому строению. В северной части бассейна Исакари отмечено большое количество сбросов, особенно в окрестностях шахт «Акабира», «Утасинай». В районе шахты «Хороной», в центральной части бассейна Исакари, пласты смяты в довольно сложные складки, но количество сбросов здесь значительно меньше, чем в северной части бассейна. Еще меньше их на юге бассейна, в окрестностях шахт «Хейва» и «Минамисобари» хотя угленосная толща характеризуется наличием сложных лежачих складок.

Существенное влияние на распространение выбросов угля и газа оказывает частота переслаивания песчаников, аргиллитов и алевролитов. Изменчивость в слоистых толщах разрабатываемых шахтами Сорати, гораздо больше, чем в шахтах Юбари [1].

Установлено, что нельзя не считаться с наличием гор Камуи, которые образовались уже в четвертичное время. Стрессовое и температурное воздействие базальтов гор Камуи значительно ускорило формирование механических свойств угольных пластов и вмещающих пород. Изучение закономерностей распространения выбросов угля и газа на о. Хоккайдо позволили выдвинуть гипотезу, что они связаны с вулканической деятельностью. Было установлено, что структура выбросоопасных угольных пластов формировалась под воздействием высоких температур, основной причиной, которой были вулканические газы, проникающие в хрупкую пористую среду [1, 2, 3].

Следует отметить, что угли кайнозойского возраста обычно слабоуглефицированы и находятся на буроугольной стадии. Однако угли Японии представлены в основном каменными разностями, что также связано с интенсивными тектоническими движениями и активной вулканической деятельностью. Согласно принятой в Японии классификации выбросоопасные угольные пласты являются каменными и относятся к классам *C*, *D*, *E*. Установлено, что с увеличением стадии метаморфизма выбросоопасность угольных пластов возрастает. Это согласуется с данными полученными для бассейнов других стран. Однако, если потенциальная выбросоопасность в Донцеком бассейне возникает при отработке угольных пластов с $V^{daf} \leq 35\%$, то на угольных шахтах Японии они происходят на пластах сложенных углем с $V^{daf} = 44\%$. Объясняется это петрографическими особенностями японских углей [1, 4]. В отличие от углей Америки и Европы данные угли произошли из широколиственных и хвойных растений. Для них характерно присутствие в составе углеобразующего вещества большого количества смоляных тел и пылицы, при почти полном отсутствии спор. Витрит углей в значительной степени представлен телинитом. Зачастую, при изучении углей под микро-

скопом, отмечается вторичный резинит (экссуданит). С особенностями петрографического состава углей связана избыточная их спекаемость и более высокий выход летучих веществ по сравнению с типичными углями Америки и Европы. Выявлено, что выход летучих веществ не является классификационным показателем для углей низкой стадии углефикации, а определение толщины пластического слоя таких углей по методу Сапожникова весьма затруднительно, так как пластическая масса рассматриваемых углей содержит около 80% жидкой фазы и при проведении анализа вытекает из пластометрического стакана [4]. Изучение углей бассейна Исикари показало, что при выходе летучих веществ равном 43,3% они характеризуются следующими значениями показателей свойств и качества: $R_o = 0,82\%$, $C^o = 85,8\%$, $H^o = 6,4\%$, $RI = 84$ усл. ед., $Y = 33$ мм [4]. В соответствии с ГОСТ 25543 – 88 они относятся к марке *Ж*, группе *2Ж*. По действующему стандарту (ГОСТ 21489-76) уголь находится на II стадии метаморфизма. Согласно эталонной шкалы метаморфизма клареновых углей Донбасса они соответствуют группе 3Г, имеют условный показатель метаморфизма (*M*, ус.) равный 26,6 и в соответствии с принятой инструкцией относятся к угрожаемым по выбросам угля и газа [5].

В глубоких угольных шахтах о. Хоккайдо и о. Кюсю (шахта «Миике») наблюдаются сильные горные удары. Глубина отработки пластов составляет 650 м. Горные удары наблюдались в целиках угля, на которых залегает слой песчаника, мощность которого четверо больше мощности угольных пластов. В результате одного из такого горного удара было разрушено 170 м штрека. Магнитуда удара составила 2,7 и была зафиксирована сейсмическими станциями на расстоянии 120 км. Установлено, что при появлении крепкого песчаника в кровле энергетические показатели интенсивности горных ударов в четыре раза выше, чем при горных ударах, когда в кровле залегает аргиллит. Угольные пла-

сты подверженные горным ударам, как правило, залегают моноклинально. Уголь однородный. В петрографическом составе пластов отмечаются прослой кеннельевых разностей. Выход летучих веществ составляет от 38% и выше [2, 3].

Широкое распространение на шахтах Японии получили выбросы песчаника и газа. С 1925 по 1989 гг. их было отмечено 205. Наибольшее их количество зафиксировано на шахте «Понбецу» в бассейне Исикари [3]. Они происходят в определенных участках шахтного поля на глубине 1300 м. За 15 месяцев было зарегистрировано 100 выбросов породы и газа. Средняя интенсивность составила 70 м³ породной массы и 1200 м³ метана, при максимальной силе 1200 м³ породы и 1500 м³ метана. Особенностью проявления выбросов песчаника заключается в том, что они появляются с глубины не менее 1300 м и возникают только после взрывания. По сравнению с выбросами угля тут выделение метана значительно ниже. Выброшенная порода весьма сильно раздроблена. Во время выброса чувствуется запах нефти. На участках шахты, в которых возникают эти явления, наблюдались луковицеобразные расслоения и отскакивание тонких породных пластин при бурении скважин небольших диаметров. Кроме того на шахте «Помбецу» отмечаются стреляния породных кусков и частиц. Такого рода геодинамические явления наблюдались на шахте, начиная с глубины 350 м ниже уровня моря. Проявляются они внезапно как об-

рушение кровли или пучение почвы и сопровождаются разрушением стенки забоя или подготовительной выработки. Стреляния породных кусков и частиц аналогично описанному явлению в Германии. Считается, что они по своему происхождению отличаются от выбросов пород и газа [3].

ВЫВОДЫ

При отработке угольных месторождений Японии отмечаются все классы геодинамических явлений – от внезапных выделений газа до горных ударов и внезапных выбросов угля (песчаника) и газа;

Формирование угольных месторождений Японии, где отмечаются геодинамические явления, происходило в условиях гипертермических аномалий;

К основным геологическим факторам, влияющим на видовой состав геодинамических явлений относятся, прежде всего, метаморфизм углей и их петрографический состав;

В силу петрографических особенностей углей Японии показатель выхода летучих веществ неприемлем для выделения граничных значений степени метаморфизма при определении потенциальной выбросоопасности;

К главным геологическим факторам, влияющим на локальное распределение геодинамических явлений, относятся тектонические, литологические и морфологические условия залегания пластов.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матвеев, А.К. Угольные месторождения зарубежных стран [Текст] / А.К. Матвеев. – М.: Недра, 1966. – Т. 1. – 460 с.
2. Япония. Горная энциклопедия [Текст]. – М., 1991. – Т. 5. – С. 532-540.

3. Удзихира, М. Геологические исследования внезапных выбросов угля и газа на угольных месторождениях о. Хоккайдо Нихон когё кайсей [Текст] / М. Удзихира, К. Хасимото. – 1974. – Т. 90. – С. 585-594.

4. Бирюков, Ю.В. Термическая деструкция спекающихся углей [Текст] / Ю.В. Бирюков. – М. Металлургия, 1980. – 119 с.

5. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах опасных по внезапным выбросам угля, пород и газа [Текст]. – М.: Недра, 1989. – 159 с.

ОБ АВТОРАХ

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

Приходченко Василий Федорович – д.г.-м.н., профессор, заведующий кафедрой геологии разведки месторождений полезных ископаемых Национального горного университета, декан Геологоразведочного факультета.

Бузило Владимир Иванович – д.т.н., профессор кафедры подземной разработки месторождений, декан Горного факультета Национального горного университета.

