



УДК 622.335:622.271/.272.001.2

В. Н. ПЛЕСКУНОВ, Р. Г. ШВАБ (ОАО «Белгорхимпром»)
И. В. ПЛЕСКУНОВ (ООО «Ай.И.И.Си»)

ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ СОВМЕСТНОЙ ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ СВИТЫ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ



В. Н. ПЛЕСКУНОВ,
зам. главного
инженера,
канд. техн. наук



Р. Г. ШВАБ,
зав. отделом



И. В. ПЛЕСКУНОВ,
руководитель
проектов

На примере пластового месторождения Хе-Чам (Вьетнам) проведены предпроектные исследования, расчеты и оценка комплекса основных горно-геологических факторов, определяющих возможность и условия совместной открыто-подземной разработки свиты угольных пластов.

Ключевые слова: свита угольных пластов, карьер, шахта, взаимовлияние открытых и подземных работ, сейсмика взрывов, притоки воды, подработанный массив, сдвигание и оседание поверхности, период опасных деформаций, опережающая подземная разработка.

Уголь во Вьетнаме является основным видом энергетического сырья. На территории страны известно около ста угольных месторождений и углепроявлений разной степени изученности. Основные действующие угледобывающие предприятия расположены в северной части страны. Разведанные и предварительно оцененные запасы каменных углей категорий А+В+С₁+С₂ Вьетнама составляют более 20 млрд т. Наибольшее промышленное значение имеет каменноугольный бассейн Куангьен на северо-востоке страны, провинция Куанг-Нинь. В разрезе угленосных отложений отмечается от десяти угольных пластов мощностью 2–8 м на западе до двадцати пластов мощностью 20–40 м на востоке. Угли бассейна относятся к антрацитам влажностью 1–3 %, зольностью 7–15 %, содержанием летучих веществ 2,8–8,7 %, серы общей 0,2–1,2 %, с высшей теплотой сгорания 33,5–39,2 МДж/кг. Добыча угля во Вьетнаме стремительно растет: в период с 2001 по 2007 г. она увеличилась в три раза — до 40 млн т; в 2011 г. добыто почти 70 млн т, из них экспортировано около 40 млн т антрацита, в основном в Японию и Китай.

Угольное месторождение Хе-Чам расположено в провинции Куанг-Нинь, вблизи г. Камфа, относится к ярко выраженному нагорному типу и разделено на четыре участка: Хе-Чам I, Хе-Чам II, © Плескунов В. Н., Шваб Р. Г., Плескунов И. В., 2014

Хе-Чам III и Хе-Чам IV. Строительство шахты Хе-Чам II–IV предусматривается на площадях одноименных участков. На территории шахтного поля в настоящее время имеются два действующих карьера: на участке Хе-Чам II — карьер «Хе-Чам II», на участке Хе-Чам IV — карьер «Као-Шон». Карьеры будут функционировать и в период строительства и эксплуатации проектируемой шахты «Хе-Чам II–IV» мощностью 5 млн т угля в год ориентировочно до 2050 г. [1].

Гористая местность, наличие в границах шахтного поля действующих карьеров, отвалов горных пород, подработанных участков, а также промышленных площадок предприятий весьма усложнили выбор как местоположения промышленной площадки шахты, так и оптимального решения по ее компоновке (рис. 1). Находясь в непосредственной близости, промышленные площадки подземного рудника (6 га) и карьера «Као-Шон» будут оказывать взаимное влияние друг на друга в процессе эксплуатации, особенно в периоды максимального приближения открытых и подземных горных работ (рис. 2).

Основными факторами опасного влияния карьера на подземный рудник являются сейсмическое воздействие массовых взрывов (до 40 т взрывчатых веществ) на горные выработки и превращение карьера в крупный водоем в период муссонных ливней, угрожающих затоплением шахты.

Первая проблема решается путем ограничения мощности массового взрыва до 1,5 т взрывчатого вещества при расстоянии до 100 м от взрыва до охраняемой подземной выработки. С увеличением расстояния мощность взрыва может существенно возрастать со снятием ограничения при расстоянии 600 м и более.

При подземной добыче угля длинными столбами с обрушением кровли зона техногенной трещиноватости может распространиться до земной поверхности и стать водопроводящей. По данным гидрогеологов, в периоды муссонных дождей водоприток в подземное пространство рудника составит до 5,5 тыс. м³/ч. При таком водопритоке необходимо создание мощного дорогостоящего водоотмывного комплекса уже в начальной стадии строительства подземной системы горных выработок. Между

тем, согласно расчетам, в начальный период эксплуатации шахты водоприток не превысит 500 м³/ч и лишь при полном развитии горных работ достигнет 5,5 тыс. м³/ч.

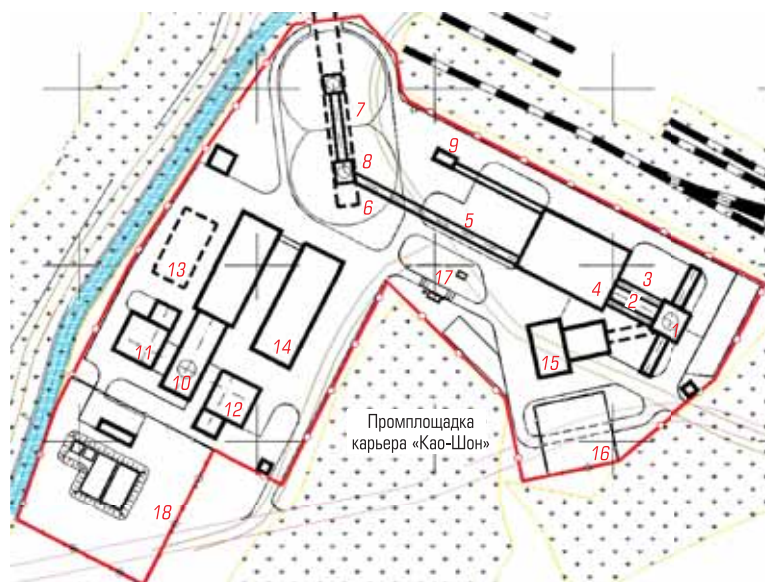


Рис. 1. Промышленная площадка шахты «Хе-Чам II–IV»:

1 — надшахтное здание скипового ствола с башенным копром; 2, 3 — галереи от надшахтного здания в корпус породовыборки; 4 — корпус породовыборки; 5 — галерея от корпуса породовыборки на склад рядового антрацита № 1; 6, 7 — склады № 1 и 2 рядового антрацита; 8 — перегрузочный пункт; 9 — бункер породы; 10 — надшахтное здание клетового ствола с блоком ремонтно-складского хозяйства; 11, 12 — здания подъемных машин № 1 и 2 клетового ствола; 13 — открытая площадка для хранения крупногабаритного оборудования; 14 — административно-бытовой комплекс; 15 — здание вентиляционной главного проветривания; 16 — главная понизительная подстанция 35/6 кВ; 17 — топливозаправочный пункт; 18 — хозяйственно-производственно-противопожарная насосная станция

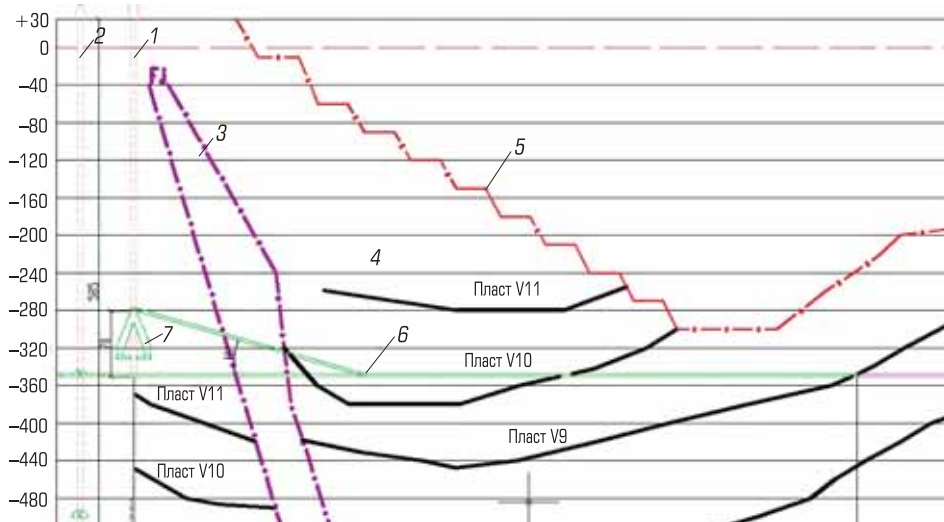


Рис. 2. Взаиморасположение борта карьера Као-Шон и основных вскрывающих выработок шахты «Хе-Чам II–IV»:

1 — скиповый ствол; 2 — клетовый ствол; 3 — региональное тектоническое нарушение; 4 — пласты угля; 5 — борт карьера «Као-Шон»; 6 — капитальный конвейерный квершлаг; 7 — камера загрузки скипов

В связи с этим, в целях минимизации капитальных затрат и сокращения срока ввода шахты в эксплуатацию, предложен так называемый расширяемый водоотливной комплекс: сначала, в период строительства, сооружается водоотлив производительностью на 550 м³/ч, а затем, по мере развития горных работ и увеличения водопритока, создают дополнительные водосборные выработки и насосные станции соответствующей мощности и производительности (рис. 3).

Что касается воздействия шахты на карьер, то основная опасность связана со сдвижением горных пород при разработке пластов с полным обрушением кровли и образованием мульды на поверхности. При этом подработка рабочего борта может привести к разрушению с возникновением чрезвычайной ситуации и остановкой карьера. Для предотвращения аварийных ситуаций необходима жесткая увязка календарных планов развития горных работ в карьере и шахте, чтобы рабочий борт карьера находился либо в ненарушенном массиве, либо в зоне, где полностью или частично завершились все процессы сдвижения пород, связанные с подземной добычей [2].

Как видно на рис. 2, угольный пласт V9 расположен ниже пласта V10 и распространяется практически по всей территории месторождения. Мощность вмещающих пород между этими пластами изменяется от 14 до 140 м, составляя в среднем 53 м. Мощность пласта V9 изменяется от 0,58 до 5,38 м (средняя 2,36 м), угол падения (α) — от 12 до 45° (в среднем 24°), глубина погружения — от 457 до 581 м. По этим параметрам на стадии перспективного планирования очистных работ по пласту V9 рассчитаны вероятные оседания поверхности карьера (табл. 1) [3, 5].

При проектируемом развитии горных работ на действующем карьере предложены два варианта опережающей подземной выемки пласта V9 на участке Хе-Чам IV с целью минимизации трудовых затрат и времени на ликвидацию последствий оседания поверхности карьера вследствие сдвижения толщи пород.

В первом варианте очистную выемку пласта V9 проводят под участками карьера, которые будут разрабатывать через 5–10 лет после окончания подземных работ. Степень нарушенности пород на этих участках карьера в сравнении с природной характеризуется большей трещиноватостью, а общая продолжительность процесса

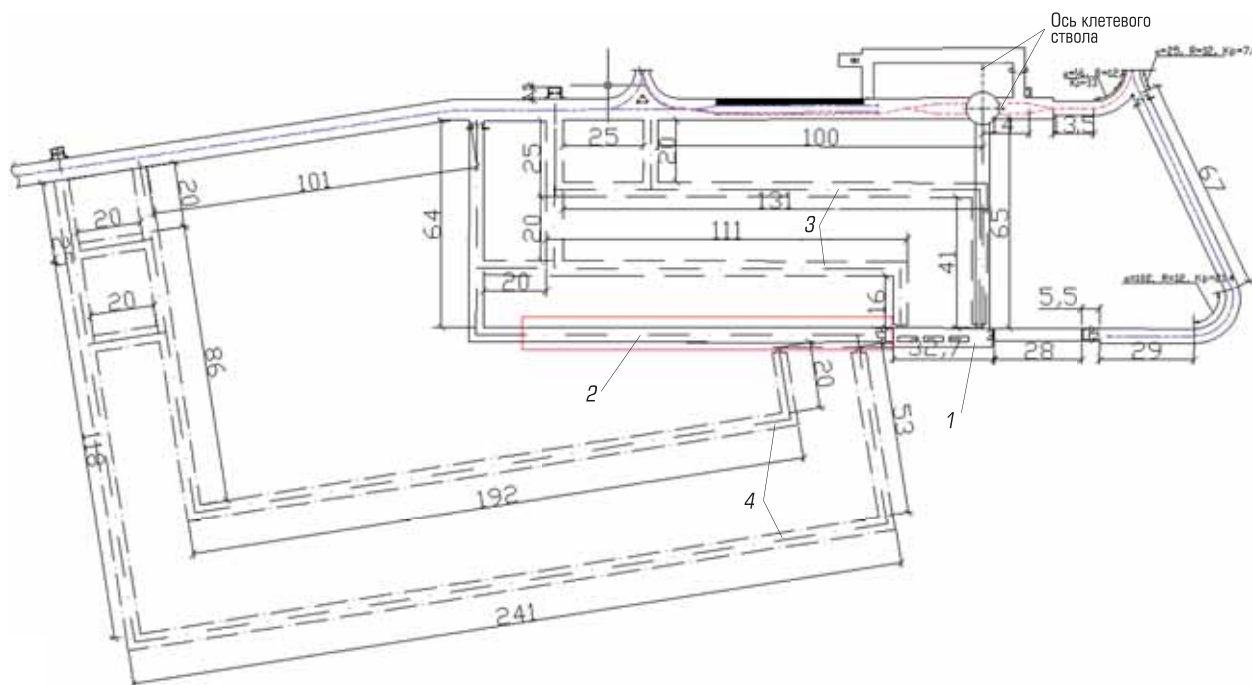


Рис. 3. Проектная схема развития шахтного водоотливного комплекса:

1 — насосная станция I очереди на производительность 550 м³/ч; 2 — расширение насосной станции до производительности 5500 м³/ч; 3 — водосборные выработки I очереди; 4 — развитие водосборных выработок на полную производительность шахтного водоотлива

Таблица 1. Расчетные величины оседания поверхности карьера при выемке пласта V9

Вынимаемая мощность пласта, м	Угол падения пласта, град.	Вероятное оседание поверхности карьера, м
1,3–1,7	12	1,27–1,66
	45	0,91–1,2
	24 (средний)	1,46–1,55
3–3,7	12	2,93–3,62
	45	2,12–2,61
	24 (средний)	2,74–3,38
4,3–5,4	12	4,2–5,28
	45	3,04–3,82
	24 (средний)	3,93–4,33
2,36 (средняя)	24 (средний)	2,15

сдвижения горного массива существенно превышает нормативную, поэтому контроль и оценку состояния бортов и откосов осуществляют как на не подработанных подземными работами участках карьера.

Во втором варианте очистную выемку пласта V9 проводят под участками карьера, разрабатываемыми по истечении периода опасных деформаций подработанной подземными работами толщи пород. Процесс сдвижения пород на таких участках карьера еще будет продолжаться некоторое время, поэтому рекомендовано откосы бортов карьера формировать более пологими, чаще проводить их оборку и усилить маркшейдерский инструментальный и визуальный контроль за состоянием и устойчивостью бортов и откосов.

Процесс сдвижения поверхности в зоне влияния подземных работ протекает неравномерно во времени и характеризуется общей продолжительностью и периодом опасных деформаций. Под периодом опасных деформаций понимают период сдвижения земной поверхности, в течение которого величины деформаций превышают критические, принятые для определения углов сдвижения [4].

Совместный анализ планов развития горных работ открытым способом и подземной выемки пласта V9 показывает, что возможны оба варианта опережения открытых работ подземными во времени с образованием различных по размерам подработанных зон на поверхности карьеров. В зависимости от величины отношения размеров очистных выемочных участков в крест простирания и по простиранию пласта к глубине подземных работ оседание поверхности карьера в подработанной зоне или не влияет на устойчивое состояние его бортов и откосов, или достигает такой величины, при которой работы в карьере можно возобновить через некоторое время, соответствующее периоду опасных деформаций подработанных пород. Обобщенным показателем, характеризующим изменения величины оседания земной поверхности от размеров выработанного пространства, является коэффициент подработанности земной поверхности. Различают коэффициенты подработанности в крест простирания пласта — n_1 и по простиранию — n_2 . Для условия отсутствия сдвижения пород лежащего борта в расчетах используют параметры $N_1 = \sqrt{n_1}$ и $N_2 = \sqrt{n_2}$, где $N_1 = D_1/H_{cp}$ и $N_2 = D_2/H_{cp}$, в которых D_1 и D_2 — размеры выработанного пространства соответственно, в крест и по простиранию пласта; H_{cp} — средняя глубина горных работ. При полной подработке земной поверхности n_1 и n_2 равны единице. По данным ис-

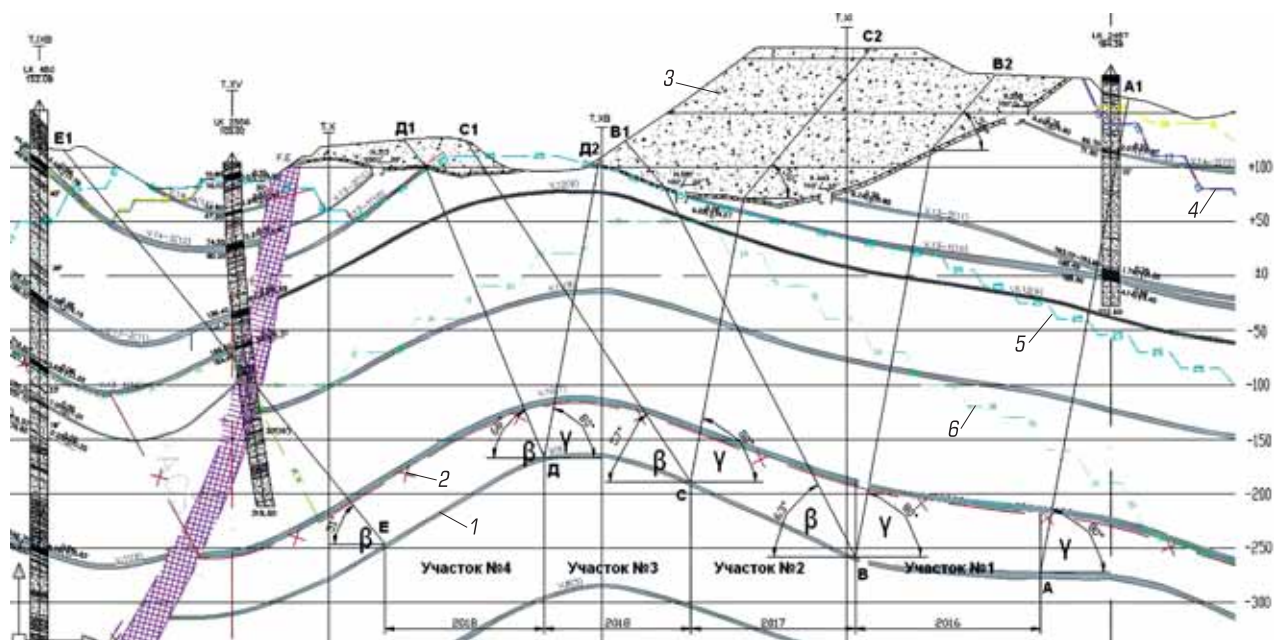


Рис. 4. Расчетная схема выбора оптимального календарного плана-графика ведения открытых горных работ и опережающей разработки пласта V9:

1 — пласт V9 с участками № 1–4; 2 — нижняя граница карьера; 3 — отвалы вмещающих пород; 4–6 — границы карьера, в 2015, 2025 и 2030 гг. соответственно

Таблица 2. Максимальные расчетные оседания поверхности карьера при подземной разработке угольного пласта V9

Участок, мощность пласта (m, м)	Год отработки	Размеры очистных участков, м		Угол падения α , град.**	Глубина выемки, $H_{ср}$, м	Кoeffициенты		Кoeffициенты подработанности поверхности		Оседание поверхности карьера, м**
		в крест простирания, D_1	по простиранию, D_2			N_1	N_2	n_1	n_2	
№ 1, $m = 2,83$	2016	170	620	$\frac{2-19}{10}$	460	0,47	0,87	0,22	0,76	$\frac{0,76-0,81}{0,8}$
№ 2, $m = 2,83$	2017	150	485	$\frac{19-26}{22}$	430	0,46	0,81	0,21	0,66	$\frac{0,67-0,7}{0,68}$
№ 3, $m = 2,5$	2018	135	215	$\frac{14-25}{20}$	270	0,55	0,69	0,45	0,48	$\frac{0,6-0,64}{0,62}$
№ 4, $m = 2,15$	2018	145	580	$\frac{14-31}{23}$	320	0,52	1	0,27	1	$\frac{0,67-0,76}{0,72}$
№ 1+2, $m_{ср} = 2,83$	2016–2017	320	215	$\frac{2-25}{19}$	445*	0,66	0,54	0,43	0,29	$\frac{0,64-0,7}{0,67}$
№№ 1+2+3, $m_{ср} = 2,73$	2016–2018	455	215	$\frac{2-31}{19}$	400*	0,81	0,58	0,66	0,34	$\frac{0,77-0,89}{0,81}$
№ 1+2+3+4, $m_{ср} = 2,59$	2016–2018	600	215	$\frac{2-31}{22}$	380*	1	0,59	1	0,35	$\frac{0,91-1,07}{0,99}$

* $m_{ср}$ и H^* — средневзвешенные мощность пласта и глубина горных работ.

** В числителе приведены минимальные и максимальные значения, в знаменателе средний показатель.

следований, при выемке угольных пластов пологого и наклонного залегания земная поверхность практически сохраняет полностью устойчивое состояние при размерах выработки $l \leq 0,25H$. При этом начинается развитие процесса сдвижения пород, но оседания земной поверхности не превышают 15 мм [3, 5].

Ниже показан порядок выбора оптимального календарного графика совместной открытой разработки и подземной выемки угля на участках угольного месторождения Хе-Чам II и IV (рис. 4). На одном из характерных разрезов показаны проектируемые границы развития открытых горных работ на 2015, 2025 и 2030 гг.



Таблица 3. Расчетные значения продолжительности процесса сдвига пород и периода опасных деформаций

Номер участка	Общая продолжительность процесса сдвига T , мес	Период опасных деформаций t , мес
№ 1	11	6,3
№ 2	10,3	5,9
№ 3	19,4	12,6
№ 4	23	15

и подземных (участки № 1–4) — на 2016–2018 гг., а также зоны сдвига подрабатываемых пород при опережающей очистной выемке этих участков пласта V9 в крест простираения и отвалы вмещающих пород, попадающие в эти зоны.

Границы зон сдвига пород при отработке участков построены по углам сдвига $\beta = 82^\circ - \alpha$ и $\gamma = 80^\circ$. Для участка № 1 зона сдвига ограничена линиями AA₁ и BB₁, участка № 2 — линиями BB₂ и CC₁, участка № 3 — линиями CC₂ и DD₁ и участка № 4 — линиями DD₂ и EE₁. По результатам анализа развития зон сдвига установлено, что вне зоны влияния смежных участков оказывается только часть поверхности открытых горных работ, а основная часть площади поверхности (между линиями BB₂ и DD₁) находится в условиях взаимного влияния сдвижений пород, подрабатываемых смежными очистными участками № 1–4 при последовательной их выемке по обе стороны антиклинали.

Максимальные значения ожидаемых оседаний поверхности карьера рассчитывают как для каждого отдельного очистного участка, так и с учетом взаимного наложения зон сдвига подрабатываемых пород в крест простираения пласта (табл. 2). Мощность пласта принята по данным подсчета запасов по геологическим блокам; относительная величина максимального оседания (q_0) для отдельных участков поверхности карьера принята равной $q_0 = 0,7$. Как видно из данных таблицы, ожидаемые максимальные оседания поверхности при опережающей подработке карьера отдельными очистными участками варьируют в пределах от 0,6–0,76 до 0,64–0,81 м, а при совместном деформировании подрабатываемых пород несколькими очистными забоями возрастают до 1,09–1,28 м (с учетом коэффициента перегрузки).

Общую продолжительность процесса сдвига пород (T , мес) и период опасных деформаций (t , мес) определяли расчетом по специальным формулам в зависимости от глубины ведения очистных работ (H , м) и средней скорости подвигания забоя

(C , м/мес), граничного (δ_0) и полного (ψ) углов сдвига пород — по каждому участку (табл. 3) [3, 5].

Таким образом, по условиям безопасности открытые горные работы на территории, подработанной подземной очистной выемкой пласта V9, можно проводить (см. рис. 4):

– в границах линий C₂–B₂–A₁ — не ранее чем через 6,3 мес после отработки участков № 1 и 2;

– в границах линий D₂–B₁–C₂ — не ранее чем через 12,6 мес после отработки участка № 3;

– в границах линий E₁–D₁–C₁–D₂ — через 15 мес после отработки участка № 4.

При соблюдении этого условия возможна совместная эффективная и безопасная открытая и опережающая подземная разработка проектируемого угольного месторождения. При этом исследования и расчеты, аналогичные приведенным, необходимо проводить по каждому характерному участку месторождения с целью проектирования и практического соблюдения жесткого календарного плана (графика) развития открытых и подземных горных работ.

Библиографический список

1. Плескунов И. В., Травин А. В. Комплексная оценка основных горно-геологических факторов при совместной отработке свиты пластов открытым и подземным способами на примере месторождения Хе-Чам (Социалистическая Республика Вьетнам). : Материалы междунар. конф. «Передовые способы разработки для устойчивого развития», Халонг, 2010 г. С. 600–608.
2. Основные направления развития открыто-подземного способа разработки месторождений. — М. : ИПКОН АН СССР, 1987.
3. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. — СПб. : ВНИМИ, 1998.
4. Пат. РФ 2418168. Комплексный способ разработки свит пологих пластов месторождений / В. В. Сенкус и др. 2011.
5. Федорин В. А., Михайлов А. Ю., Ивершина Г. Е. Геотехнологические аспекты открыто-подземного (совмещенного) способа освоения угольных месторождений Кузбасса // ГИАБ. 2008. № 11 С. 261–269. [ГЖ](#)

*Плескунов Владимир Николаевич,
e-mail: pleskunov1953@mail.ru*

*Шваб Роберт Григорьевич,
e-mail: nigo@inbox.ru*

*Плескунов Игорь Владимирович,
e-mail: pleskunov@imcgroup.ru*

ESTIMATION OF BASIC MINING-GEOLOGICAL FACTORS IN THE TIME OF JOINT OPEN-CAST-UNDERGROUND MINING OF COAL SERIES

Pleskunov V. N.¹, Deputy Chief Engineer, Candidate of Engineering Sciences, e-mail: pleskunov1953@mail.ru

Shvab R. G.¹, Head of Scientific-Research mine department

Pleskunov I. V.², Head of Mining Projects

¹«Belgorkhimprom» JSC (Minsk, Republic of Belarus)

²«IEEC» LLC (Moscow, Russia)

Feasibility studies, calculation and assessment of complex of basic mining-geological factors were carried out by example of He-Chan layer deposit (Vietnam). These factors define the possibility and conditions of joint open-cast-underground development of coal series.

Hazardous influence of open pit on underground mine has the following main factors:



-seismic influence of single blasts (to 40 t of explosives) on excavations;
-turning of open pit into large water reservoir in the period of monsoonal rainfalls, threatening with mine flooding.
It is necessary to carry out the researches and calculations (analogue to the ones, given in the article) to each characteristic site of deposit for the purpose of designing and practical observance of hard calendar plan (schedule) of development of open-cast and underground mining.

Key words: coal series, open pit, mine, interinfluence of open-cast and underground mining operations, seismic survey of explosions, water inflows, underworked massif, movement and subsidence of surface, period of harmful deformations, advanced underground mining.

REFERENCES

1. Pleskunov I. V., Travin A. V. *Kompleksnaya otsenka osnovnykh gorno-geologicheskikh faktorov pri sovmestnoy otkrytym i podzemnym sposobom na primere mestorozhdeniya Khe-Cham (Sotsialisticheskaya Respublika Vietnam) : Materialy mezhdunarodnoy konferentsii «Peredovye sposoby razrabotki dlya ustoychivogo razvitiya»* (Complex assessment of basic mining-geological factors in the time of joint working out of layers' series by open-cast and underground mining by the example of He-Cham deposit (Socialist Republic of Vietnam) : Materials of International conference «Leading engineering methods for sustainable development»). Ha Long, 2010, pp. 600–608.
2. *Osnovnye napravleniya razvitiya otkryto-podzemnogo sposoba razrabotki mestorozhdeniy* (Basic directions of development of open-cast-underground method of deposits' exploitation). Moscow : Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of USSR Academy of Sciences, 1987.
3. *Pravila okhrany sooruzheniy i prirodnykh obektov ot vrednogo vliyaniya podzemnykh gornykh razrabotok na ugolnykh mestorozhdeniyakh* (Rules of protection of buildings and natural objects from harmful influence of underground excavations at coal deposits). Saint Petersburg : Scientific-Research Institute of Mine Geomechanics and Mine Surveying, 1998.
4. Senkus V. V. et al. *Kompleksnyy sposob razrabotki svit pologikh plastov mestorozhdeniy* (Complex method of development of series of flat seams of deposits). Patent No. 2418168. 2011.
5. Fedorin V. A., Mikhaylov A. Yu., Ivershina G. E. *Gornyy Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten – Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2008, No. 11, pp. 261–269

УДК 622.013::553.64(87)

А. М. ЧИЖИК, С. З. АЗИЗОВ (ОАО «Белгорхимпром»)

ПРОЕКТНЫЕ НАРАБОТКИ ОАО «БЕЛГОРХИМПРОМ» ПО МЕСТОРОЖДЕНИЮ ФОСФАТНЫХ ПОРОД НАВАЙ В ВЕНЕСУЭЛЕ



А. М. ЧИЖИК,
начальник
отдела



С. З. АЗИЗОВ,
зав. группой
горного отдела

Описаны основные направления реализации проекта «Навай» по освоению месторождения фосфатных пород. Приведены краткие геологические и гидрологические сведения о месторождении, проектные решения разработки фосфатных пород и защиты карьеров от затопления.

Ключевые слова: месторождение, фосфатная порода, гидрологические условия, разработка, добыча, водоотвод.

Введение

Продукты питания являются основой жизнедеятельности человеческого общества. Как известно, для повышения урожайности сельскохозяйственных культур необходимо периодически вносить в почву минеральные удобрения, и каждая страна, с позиции своей экономической безопасности, заинтересована в создании собственной сырьевой базы для их производства.

В Венесуэле сформировать такую базу в полной мере пока не удалось, и дефицит удобрений покрывается за счет импорта, подверженного политическим рискам. Между тем на ее территории © Чижик А. М., Азизов С. З., 2014

имеется около десятка месторождений фосфоритов промышленного значения. Наиболее крупные запасы фосфатных пород сосредоточены в месторождении Навай, расположенном на северо-западе страны.

Руководством Венесуэлы поставлена задача обеспечить независимость страны в вопросах поставки ее сельскому хозяйству минеральных, в том числе фосфорных удобрений; решение задачи поручено компании «Пекивен». В 2007 г. эта компания в порядке реализации договоренностей, достигнутых в 2006 г. между Президентом Боливарианской Республики Венесуэла У. Р. Чавесом и Президентом Республики Беларусь А. Г. Лукашенко, заключила контракт с ОАО «Белгорхимпром» на техническое сопровождение работ по добыче фосфатных пород на месторождении Навай. Ниже отражено состояние проблемы разработки указанного месторождения.

Общие сведения об объекте

Месторождение Навай состоит из двух участков — Лос-Монос и Ла-Линда, разделенных между собой горным хребтом Фила-дель-Торо с перепадами высот 200–500 м (рис. 1). Поверхность месторождения пересечена множеством ручьев и временных водотоков, что предопределяет сложные гидрогеологические условия объекта. Участок Лос-Монос расположен на предгорно-возвышенном гипсометрическом уровне с абсолютными отметками поверхности 195–475 м и ее уклоном с северо-востока на юго-запад. Участок Ла-Линда находится в зоне перехода предгорной возвышенности к равнине, отметки рельефа варьируют в пределах 185–370 м.