

## **ШАХТОСТРОИТЕЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ЦЕЛЕВОЙ ПОДГОТОВКИ ВЫРАБОТАННЫХ ПРОСТРАНСТВ В ПРОЦЕССЕ ДОБЫЧИ ПРИРОДНОГО ГИПСА**

Розглянуто проблему цільової підготовки підземного простору на гіпсових шахтах для повторного використання за умов поєднання шахтобудівних рішень видобутку гіпсу та формування стійких камер для розташування промислових комплексів.

### **EXCAVATED VOLUMES SPECIFIC-PURPOSE OPENING-UP MINE CONSTRUCTION SOLUTIONS IN PROCESS OF GYPSUM EXTRACTION**

On the assumption of gypsum extraction mineconstruction solutions join and stable cameras for industrial systems placement formation underground volumes at gypsum mines for repeated utilization specific-purpose opening-up problem is viewed.

Целевая подготовка выработанных пространств гипсовых шахт – важная задача в решении крупной самостоятельной проблемы освоения подземного пространства. Мировой практикой доказано, что этот важный ресурс природопользования может быть успешно освоен, если разработка месторождений полезных ископаемых ведётся с учетом перспективы целевого использования выработанных пространств. Ключевыми в этой задаче являются: 1) обоснование пространственно-планировочных шахтостроительных решений; 2) разработка методов расчета устойчивости большеобъемных подземных сооружений; 3) обоснование технологий строительства подземных объектов, обеспечивающих их долговременную устойчивость и защиту окружающей среды; 4) оперативный и долговременный контроль состояния подземных сооружений. Особенность здесь состоит в том, что необходимо решать двуединые задачи: повышение эффективности добычи полезного ископаемого и осуществление целевой подготовки выработанных пространств для повторного использования, уровень решения которых в большей мере определяется условиями ведения горных работ.

Остановимся кратко на инженерно-геологических условиях месторождений природного гипса и ангидрита, определяющих собственно инфраструктуру использования подземных камер, геомеханические и шахтостроительные решения комплексного освоения месторождений.

В Украине к наиболее крупным месторождениям гипса и ангидрита относятся: Артёмовское, Восточно-Покровское, Попасные Лески, Вовченецкое и Викторовское. Как видно география этих месторождений небольшая: они сосредоточены в Донецкой и Ивано-Франковской областях. К достаточно крупным месторождениям в Российской Федерации можно отнести: Новомосковское, Скуратовское, Камское-Устье, Бебяевское, Олекминское, Горазубовское и Тихоозерское. Максимальная мощность продуктивных пластов на этих месторождениях изменяются от 10 до 60 м. Глубина залегания пластов – 60-300 м, углы падения слоёв – 0-8°. Покрывающие породы характеризуются большим спектром литологических разностей (доломиты, известняки, алевролиты, песчаники, мергели и глины), имеющих прочность 5-100 МПа. Непосредственная

подошва гипсовых пластов сложена в основном доломитами и мергелями. К инженерно-геологическим особенностям месторождений гипса следует отнести их сложную структуру. В разрезах продуктивных толщ прослеживаются пласты гипса, ангидрита и доломита, иногда имеющего гидравлическую связь с водоносными горизонтами. Прочность гипсов варьирует в пределах 12-30 МПа, гипсоангидритов – 35-40 МПа, ангидритов – 50-130 МПа. Сопротивляемость резанию для гипсоносных пород составляет: гипсы – 2,7-5,5 кН/см, гипсоангидриты – 5,7-7,3 кН/см, ангидриты – 7,6-10,7 кН/см.

Вторым важным фактором в целевой подготовке выработанных пространств являются требования по проектированию хозяйственных комплексов, размещаемых в отработанных горных выработках.

Нормативные документы целевую подготовку выработок с горнотехнической стороны определяют в двух аспектах: целевое обустройство их на строящейся шахте и реконструкция подземных камер для повторного использования на действующей шахте. С геомеханической стороны регламентируются две главные предпосылки: расчёт устойчивых параметров подземных сооружений и долговременный контроль напряженно-деформированного состояния породного массива, вмещающего выработки. С конъюнктурно-экономической стороны определяют перспективными выработки для размещения объектов различного назначения: промышленных комплексов по переработке сырья и выпуску продукции, хранилищ нефтепродуктов, складских помещений, защитных сооружений гражданской обороны, заводов по переработке и складированию отходов промышленного производства, сырьевые склады отраслей, производства высокой точности, объекты атомного и энергетического производства, медицинского назначения, захоронения радиоактивных отходов и др.

Мировая практика [1], достигнув больших успехов в отрасли строительства подземных сооружений, на первое место в этой проблеме ставит задачу создания прогрессивных технологий на базе учета геомеханического состояния массива горных пород, вмещающего сооружения. В целевой подготовке выработок при отработке месторождений ключевой задачей определяют пространственно-планировочные решения по расположению камер в продуктивных толщах и пластах. Считают, что дальнейшее развитие должна получить строительная геотехнология [2] как научная база освоения подземного пространства.

Главный тезис в развитии строительной геотехнологии связан с предпосылкой, что шахтостроительные решения в технологии подземного строительства должны активно влиять «на качественную и количественную стороны проявлений механических процессов в породных массивах и, следовательно, управлять их механическим состоянием» [2].

Таким образом, проекты целевой подготовки выработанных пространств должны содержать геомеханическую, шахтостроительную (горнотехническую) и технологическую (эксплуатационную) составляющие. Горнотехнические и архитектурно-планировочные решения при освоении горных выработок для размещения хозяйственных объектов рассмотрены в СНиП 2.01.55-85 [3]. В работе [4] оценены литоструктурные и механические характеристики гипсовых пла-

стов, их кровель, определяющие выбор технологии отработки залежи – буровзрывной, комбинированной и машинной. Отмечается, что для сооружения выработок долговременного пользования предпочтительным является применение машинной (комбайновой) технологии. Практика Артёмовской (Украина), Пешеланской, Новомосковской шахт и шахты рудника «ГиПор» (Россия), а также зарубежный опыт свидетельствуют об эффективности применения для проходки выработок и отработки камер комбайнов типа «Урал-10КС», «Урал-20КС», ПК-8М, АМ-100, VAF-170 и др. Учитывая, что отечественные заводы выпускают мощные комбайны типа КСП-32, КСП-42, П-110(220) для разрушения пород прочностью 100-120 МПа, очевидна правомочность разработки шахтостроительных пространственно-планировочных решений с использованием этой техники для добычи гипса и целевой подготовки выработанных пространств. Применение комбайнов обеспечивает не только повышение устойчивости подземных камер, но и возможность получения любой формы их поперечного сечения, позволяет создавать плоские, сводчатые и многоциркульные потолочины в зависимости от свойств пород кровель или защитных пачек. При комбайновой отработке гипса существенно облегчается выполнение шахтостроительных решений. Можно достичь надёжной трассировки выработок с оставлением вертикальных (межходовых) и горизонтальных (междуэтажных) целиков повышенной устойчивости. При послойной (уступной) отработке камерных запасов обеспечивается проходка спиральных съездов для обслуживания производств, находящихся в подземных камерах. Это особенно важно при вертикальном расположении технологического оборудования в камерах. Согласно [3] генеральный план расположения объектов в подземных выработках предусматривает погоризонтную и повертикальную подготовку выработанного пространства. Поперечные размеры выработок определяются исходя из назначения размещаемых в них объектов и для промпомещений регламентируются: по ширине 5-10 м и по высоте 3-6 м. Безусловно, для крупных объектов эти размеры увеличиваются: пролёты камер до 10-15 м, а их высота до 15-20 м. Особенность в целевой подготовке еще состоит в том, что необходимо создавать камеры больших объёмов для основного производства и камеры меньших размеров для вспомогательного производства. Понятно, что подготовка выработанных пространств осуществляется в условиях применения камерных или камерно-столбовых систем разработки месторождений полезных ископаемых. Поэтому создание организованного подземного пространства является составной частью комплексного освоения месторождения, в частности, при добыче полезного ископаемого. Согласно [5] выбор шахтостроительных решений должен базироваться на геомеханических расчетах конструктивных параметров подземного сооружения по фактору обеспечения нормативной прочности элементов конструкции и оптимизационных расчетах по фактору извлечения полезного ископаемого при различных конкурирующих вариантах. Главной задачей при этом является выбор комбинаторики расположения подземных камер в продуктивной толще или гипсовом пласте. Если камеры основного производства могут быть расположены в отрабатываемом пласте, то выработки вспомогательного

назначения, в частности для вентиляции, укладки коллекторов для отвода промышленных стоков, выполнение противопожарных и санитарно-гигиенических мероприятий могут быть заложены в непродуктивных пластах, расположенных ниже или выше обрабатываемого пласта. Важная геомеханическая особенность в конструировании каркаса подземного сооружения состоит также в учете структуры продуктивной толщи и пласта на предмет наличия в них прочных пород, выполняющих роль породных мостов.

На примере Артёмовского месторождения гипса разработаны шахтостроительные решения, возможные для реализации в зависимости от задач повторного освоения подземных пространств. Артёмовское месторождение гипса приурочено к отложениям славянской свиты нижней Перми. В продуктивной толще выделено десять пластов, из которых II, III, IV, VI, X простого и I, V, VII, VIII, IX сложного строения. Структура продуктивной толщи в интервале IV-VII пластов приведена на рис. 1. Обрабатывается только V пласт мощностью до 25 м при среднем её значении 18 м. Максимальная мощность VI и VII пластов составляет 6-9 м, что позволяет располагать в них выработки вспомогательного назначения.

В разработке шахтостроительных решений рассмотрено два варианта: подготовка подземных пространств непосредственно по V продуктивному пласту и их целевая подготовка с использованием нижележащих VI и VII гипсоангидритовых пластов.

Технологические схемы отработки V пласта при буровзрывной и комбайновой выемке камерного запаса приведены на рис. 2.

Совмещение отработки залежи по указанным схемам и целевой подготовки выработанного пространства предполагает создание подземных камер по заданным параметрам с их трассировкой, обеспечивающей рациональное размещение и надёжную эксплуатацию объектов в подземных условиях. Именно при этом реализуется ключевая идея рационального природопользования при разработке гипсовых месторождений, определяемая предпосылкой: от ресурсосберегающей технологии добычи минерального сырья к комплексному освоению месторождения.

Учитывая принятую на Артёмовской гипсовой шахте технологию добычи гипса, целевую подготовку камер следует осуществлять при опережающей подготовке панелей с проведением осевых вентиляционных штреков как в камерах, так и в целиках. Одним из вариантов подготовки камер может быть принята схема показанная на рис. 3. Для вентиляции камер по оси целика проводится вентиляционный штрек сечением до 9 м<sup>2</sup> комбайном типа ПК-8М (схема апробирована на Новомосковском гипсовом комбинате), обеспечивающий проветривание двух камер. Для обустройства канализации, водоотлива, электроснабжения по нижнему уступу проводятся коммуникационные штреки сечением 9-20 м<sup>2</sup>. В зависимости от вида производства одна из камер может формироваться двухярусной. При наличии слоя ангидрита или прочного доломита в разрезе пласта формирование камер осуществляется отдельно с оставлением межэтажного целика и компоновки вспомогательных выработок.

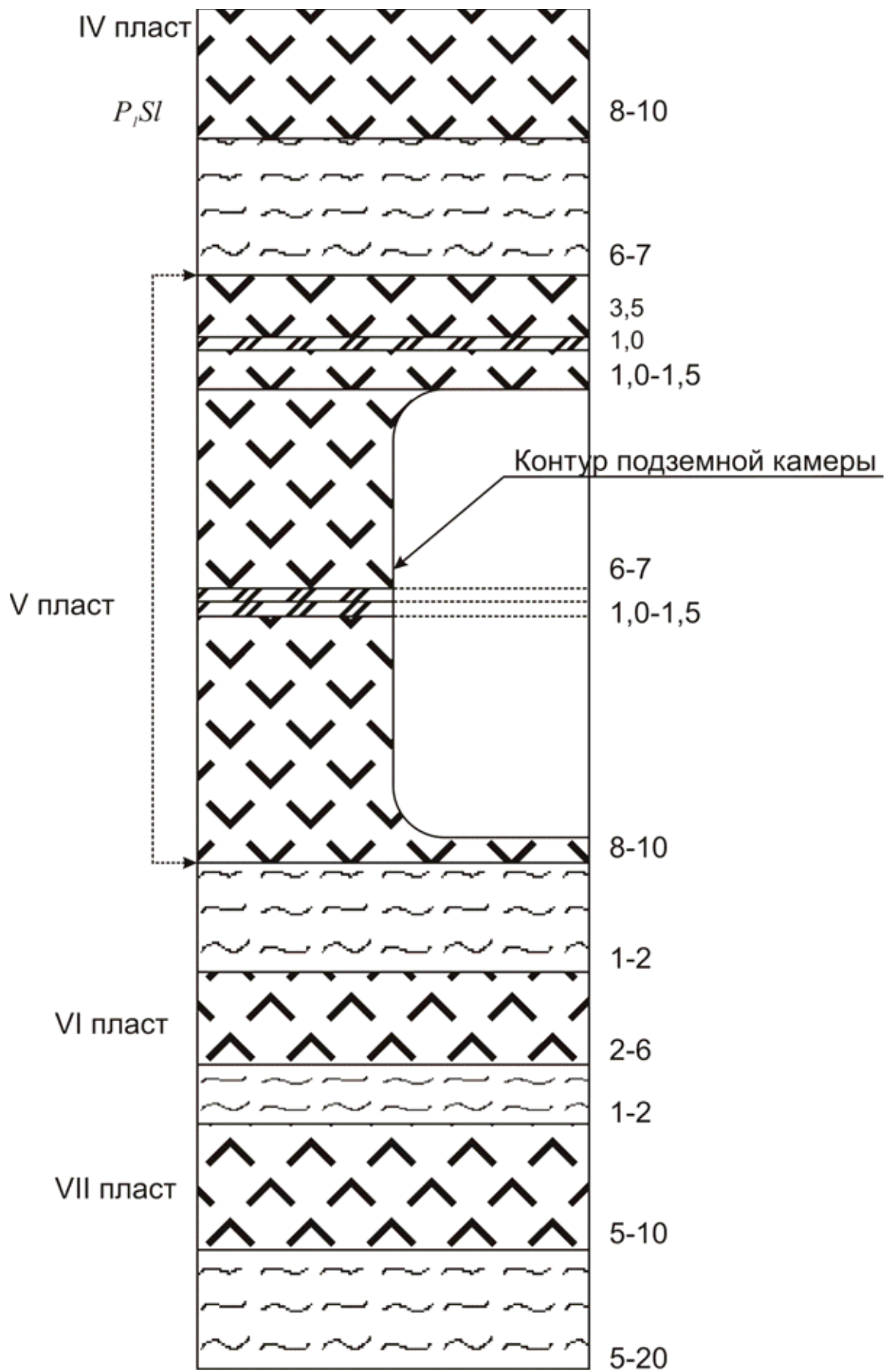
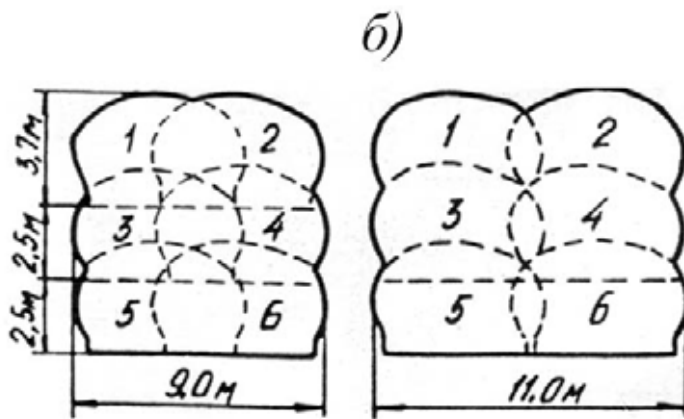
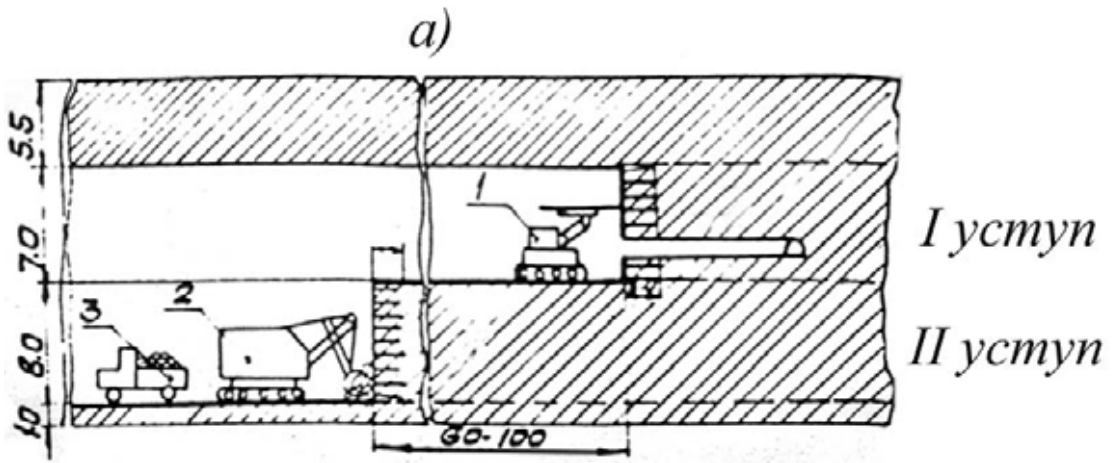
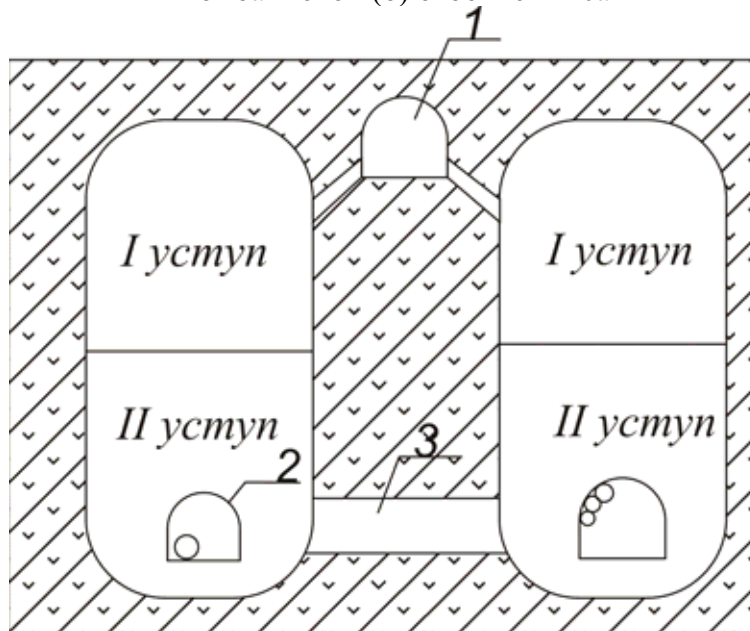


Рис. 1 – Стратиграфическая колонка Артёмовского месторождения гипса



1 – буровая установка; 2 – экскаватор; 3 – автосамосвал; 1-6 – порядок отработки камер  
 Рис. 2 – Схема выемки камерного запаса при буровзрывной (а) и комбайновой (б) отбойке гипса



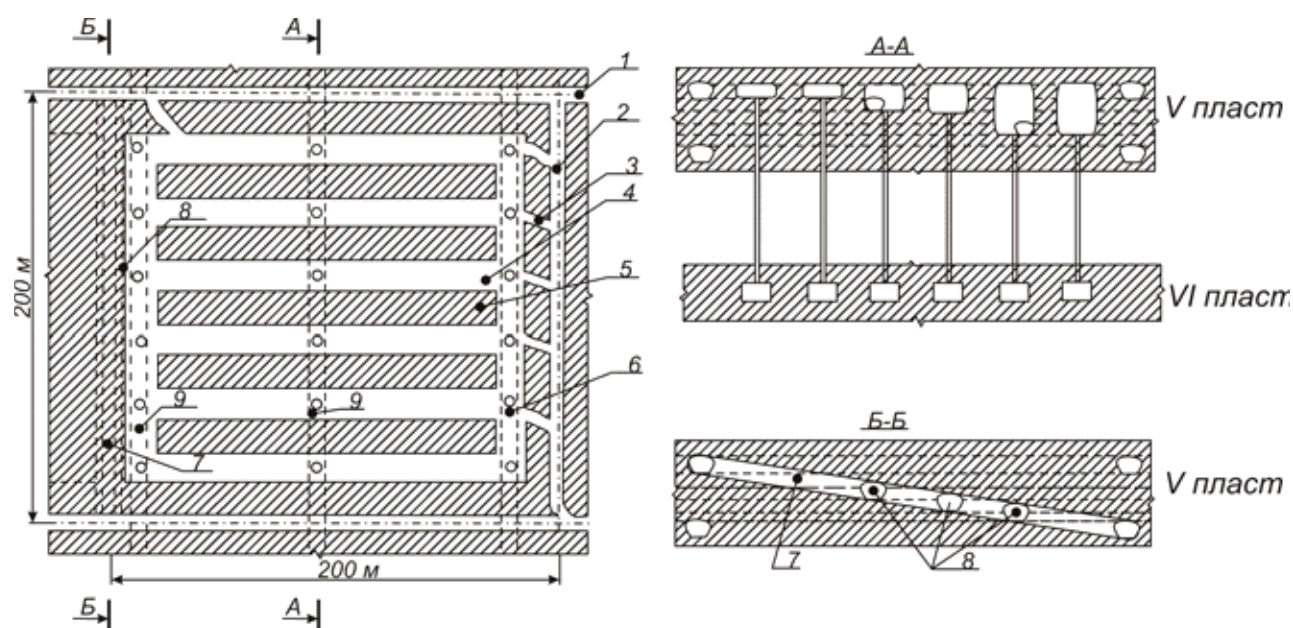
1 – вентиляционный канал; 2 – шлюзы для обустройства канализации водоотлива, электроснабжения;  
 3 – сбойка

Рис. 3 – Схема подготовки камер для производства с вертикальным расположением технологического оборудования



Как перспективную можно рассматривать сотовую компоновку камер в теле гипсового пласта, которая обеспечивает их высокую устойчивость, оптимальное извлечение гипса и рациональное размещение основного и вспомогательного технологического оборудования, а также организацию инженерных коммуникаций. Полагаем, что такая схема подготовки и отработки камер может быть перспективной при решении задач повторной отработки гипсовых месторождений с закладкой камер, например, литифицированными отходами промышленного производства. Промышленные комплексы по переработке и утилизации отходов могут быть размещены в протяженных камерах большого сечения, что обеспечивает конвейеризацию технологических процессов и рациональную компоновку оборудования.

Вариант целевой подготовки подземных камер с использованием V, VI или VII пластов показан на рис. 4.



1 – панельный штрек; 2 – блоковый штрек; 3 – вентиляционная сбойка; 4 – камера; 5 – ленточный целик; 6 – перепускной гезенк (скважина); 7 – наклонная блоковая засечная выработка; 8 – слоевая сбойка; 9 – выработки по VI пласту

Рис. 4 – Подготовка выработанных пространств по сближенным гипсовым пластам

Такая схема предполагает: 1) панельно-блоковую подготовку шахтного поля с многоходовой отработкой камерных запасов V пласта комбайнами для создания выработанных пространств для основного производства; 2) подготовку сети горных выработок по VI пласту для коммуникаций вспомогательного производства. Особенность здесь состоит в следующих аспектах: для выемки камерных запасов гипса V пласта по кольцевой схеме в межблоковом целике проходит наклонную выработку, обеспечивающую выход комбайна на вынимаемые слои; добыча сырья ведется с его гравитационной доставкой в выработки VI пласта по гезенкам и аккумулируется в них. Предлагаемое технологическое решение обеспечивает концентрацию и интенсификацию выемки гипса в бло-

ках и повышает надёжность технологической схемы. Наряду с этим имеется возможность организации в подземных условиях технологического предела гипса в выработках как V, так и VI пластов, что исключает необходимость эксплуатации наземных объектов и загрязнение окружающей среды измельченной фракцией полезного ископаемого.

Резюмируя изложенное, укажем, что требования к шахтостроительным решениям по комплексному освоению месторождений гипса (добыча и целевая подготовка камер) только формируются в геомеханических императивах. Технологические схемы подготовки и отработки залежей гипса наряду с высокой полнотой извлечения запасов, достижения высоких показателей по добыче должны обеспечить два главных условия целевой подготовки и повторного использования выработанных пространств: 1) долговременную устойчивость подземной геоконструкции и 2) согласованную взаимоувязку расположения технологического оборудования основного и вспомогательного производств. Единство технологий добычи гипса и подготовки камер для повторного использования – главная предпосылка экономики освоения подземных пространств.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Шашенко А.Н., Пустовойтенко В.П. Расчет несущих элементов подземных сооружений. – К.: Наук. думка, 2001. – 168 с.
2. Картозия Б.А. Строительная геотехнология. – М.: 1999. – 40 с.
3. СНиП 2.01.55-85. Объекты народного хозяйства в подземных горных выработках / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 16 с.
4. Усаченко Б.М. К освоению гипсовых месторождений с учетом использования выработанных подземных пространств для народного хозяйства и гражданской обороны // Объекты гражданской обороны. Защитные сооружения, ВНИИС Госстроя СССР, 1986. – Сер. 16, вып. 5. – С. 21-27.
5. Методические указания и технические требования к целевой подготовке подземных горных выработок / ЦНИИпромзданий, Госстроя СССР. – М.: ЦНИИпромзданий, 1987. – 19 с.