© Е.А. Бессонов, 2006

УДК 622.271

Е.А. Бессонов

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В КРИОЛИТОЗОНЕ ЗАПОЛЯРЬЯ

Семинар № 16

Строительный материал наибольший по объему продукт, извлекаемый из недр Земли. Потребность в строительных материалов растет из года в год, прежде всего, в развивающихся регионах РФ, в том числе в регионах освоения новых нефтегазовых месторождений.

Наибольшую потребность в строительных материалах ощущают нефтегазовые месторождения заполярных регионов России, для полного освоения которых может понадобиться до 1,0-1,2 млрд м^3 песчаных грунтов.

По данным различных оценок и прогнозов регионы Заполярья содержат достаточно запасов местных строительных материалов, которые могут обеспечить указанную потребность. Причем, из-за высокой обводненности региона, большая часть из них (примерно 65-85 %) может находиться под акваториями озер в талом состоянии. Эти прогнозы в последние время стали подтверждаться инженерно-геологическими изысканиями литологии заполярных озер. Другая часть месторождений строительных материалов в криолитозоне заполярья довольно хорошо изучена, она представлена многолетнемерзлыми песчаными породами, залегающими в континентальной части тундры.

В геологическом плане песчаные месторождения Заполярья часто перекрываются породами вскрыши. Вскрыша подозерных месторождений в основном представлена супесями, мощностью 0,2–3 м и более метров, а континентальных торфом 0,5–2,5 и более метров. Песчаные породы в литологическом отношении весьма однообразны, представлены песками пылеватыми, реже мелкозернистыми. Содержание мелкого гравия в песках отмечается в единичных случаях. Мощность песка под озерами колеблется в пределах 3–20 и более м, а континентальной тундры от 2 м до 8,0 м. Подстилают полезную толщу обычно супеси, суглинки, реже глины.

Для того, чтобы обеспечить потребность нефтегазовых месторождений местными строительными материалами в сложных природно-клима-тических, гидрологических и криолитологических условиях Заполярья, необходимо применение как гидромеханизированных, так и «сухоройных» технологий открытой разработки.

Традиционно, для разработки мерзлых пород «сухоройных» карьеров континентальной тундры используют бульдозерно-экскаваторые комплексы.

При этом, на этапе вскрышных работ производят разрыхление и срезку мерзлого торфа бульдозерами-рых-лителями тяжелого класса (ДЗ-118, ДЗ-59, D-355, и пр. тяговых классов свыше 200-250 кН). На разработке полезного ископаемого, находящегося в твердомерзлом

состоянии, применяют те же механизмы, что и на вскрышных работах. Причем параметры бульдозерных забоев при разработке полезного ископаемого отличаются от параметров вскрышных забоев. Так длину полосы рыхления на вскрышных забоях на практике обычно принимают 70-80 м, что в 2-2,5 раза больше чем на добычных забоях, а толщину снимаемой стружки (0,1 – 0,15 м) соответственно в 1,4-1,6 раза меньше. Расстояния между смежными проходками при рыхлении обычно принимают от 0,4 до 0,9 м, при средней величине заглубления зуба 0,20-0,25 м. Далее разрыхленные песчаные породы с помощью бульдозера собирают в отдельные бурты, экскаваторами отделяют из них негабаритные куски мерзлых пород, а затем автосамосвалами доставляют к потребителю.

В ЗАО «Глобалстрой-Инжиниринг» на основании опытных данных автором настоящей статьи была разработана экспресс-методика расчета потребности горно-транспортного оборудования в «сухоройных» карьерах строительных материалов, территориально расположенных в криолитозоне Заполярья. Данная методика позволяет еще на предпроектной стадии спрогнозировать основополагающие статьи затрат, потребных для разработки карьеров данного типа. Используя методы математической статистики, после обработки многочисленных опытных данных, автором были получены следующие приближенные зависимости потребности горно-транспортного оборудования в карьерах строительных материалов:

$N_{р.в} \approx T^{6,5/T}$; $N_{р.п.и} \approx 0,73\ V$;

$N_{э} \approx 0,83\ V$; $N_{а.с} \approx L^{0,75}\ V$,

где N р.в - потребное кол-во бульдозеров-рыхлителей тяжелого класса на вскрышных работах, за планируемый период подготовительных работ T, сутоток (на объем годовой добычи 400 тыс. $м^3$, при среднем коэффициенте вскрыши 0,2-0,25); N р.п.и - потребное кол-во бульдозеров-рыхлителей тяжелого класса на добычных работах; V – суточная норма выдачи объемов полезного ископаемого, тыс. $м^3$; N э - потребное кол-во экскаваторов в карьере (при геометрической емкости ковша 1,25–1,5 $м^3$); N а.с - потребное кол-во автосамосвалов (при геометрической емкости кузова 10 $м^3$); L - дальность возки полезного ископаемого из карьера, км.

Объемы разведанных запасов строительных материалов в карьерах континентальной тундры варьируются в широких пределах: от 0,2 до 10 млн $м^3$ и более. Годовая добыча из одного карьера может составлять от нескольких сотен $м^3$ до 1,0–2,0 млн $м^3$.

Главными недостатками «сухоройных» способов разработки месторождений строительных материалов в криолитозоне Заполярья являются: уничтожение почвенно-растительного слоя на больших площадях; удаленность от мест потребления добываемых материалов и большие удельные энергозатраты на разработку мерзлых пород.

Высокая обводненность и наличие талых залежей песка в регионах Заполярья определяют в качестве одного из основных способов разработки месторождений строительных материалов - гидромеханизированный способ.

Традиционно для гидромеханизированной разработки подозерных месторождений строительных материалов в криолитозоне применяют плавучие землесосные снаряды различной производительности. Главными недостатками гидромеханизированной разработки карьеров данного типа в Заполярье являются высокий удельный расход водных ресурсов, задействованных в процессах разработки, гидротранспортиро-

вания и намыве пород и отчуждение значительных площадей тундры (зачастую пастбищных земель) для размещений карт намыва. Существенно снизить удельный расход водных ресурсов в гидромеханизированных процессах позволяет использование разработанных автором новых высокоэффективных технических и технологических решений: пульпорыхления пород подводных забоев и применение специальных распластанных всасывающих наконечников земснарядов. Исключить же отчуждение пастбищных земель в Заполярье позволяет технологический перенос карт намыва с континентальной «сухой» тундры на акваториальную озерную тундру. Благодаря использованию перечисленных ресурсосберегающих технических и технологических решений гидромеханизированная разработка в криолитозоне Заполярья со временем может стать основным способом разработки месторождений строительных материалов.

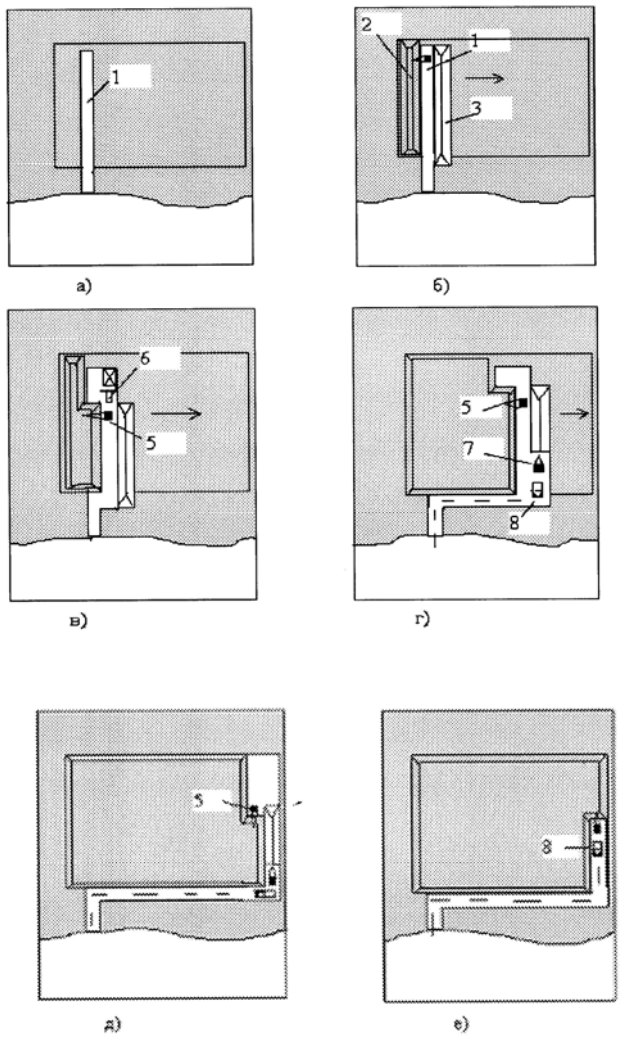
Некоторой альтернативой гидромеханизированной разработки может являться предложенный автором способ разработки подозерных таликов песчаных пород скользящей площадкой с использованием экскаваторных машин. Причем, технико-экономический анализ показал, что разработка экскаваторами подозерных таликов скользящей площадкой экономичнее гидромеханизированного способа только при добыче небольших, до 100–150 тыс. м^3/год, объемов полезного ископаемого.

Способ разработки получил название: скользящая площадка из-за того, что при периодическом перемещении по фронту добычных работ рабочая площадка как бы скользит по поверхности озера не изменяя своих первоначальных размеров: длины и ширины.

Указанный способ может быть применен в летний период при разработке дренирующих песчаных пород из небольших притрассовых карьеров частично или полностью обводненных, когда невозможно выполнить обезвоживание залежи для сухоройной разработки или когда неэффективны иные способы, например, гидромеханизированные, из-за недостаточной мощности залежи песка, нехватки воды, незначительных объемов потребления песка и пр.

В способе предполагается использование традиционной землеройно-транспортной техники: экскаваторов, бульдозеров, погрузчиков и автосамосвалов. В зависимости от глубины озера, плотности песков и мощности залежи в качестве добычного экскаватора применяют драглайн или обратную лопату экскаватора (экскаватор - обратную лопату ввиду их относительно небольших радиуса и глубины черпания целесообразно применять на обводненных карьерах с глубиной воды не более 0,3-0,5 м и мощности разрабатываемой залежи до 2,5-3,0 м).

Отечественный опыт применения экскаваторов на обводненных песчаных и песчано-гравийных карьерах показал, что их производительность снижается (примерно в 2 раза) из-за вымывания водой породы из ковша. Коэффициент наполнения ковша при этом составляет в среднем 0,52. Поэтому, для повышения производительности ковш экскаватора (в основном драглайна) *перфорируют отверстиями по специальной методике*. Перфорирование позволяет практически увеличить коэффициент наполнения ковша до 0,8 и соответственно повысить производительность экскаватора при черпании из-под воды.



Разработку карьера способом скользящей площадки необходимо производить в следующей последовательности.

Из дренирующих песчаных пород (привозных, либо заранее заготовленных в перезвах в зимний период) вначале производят отсыпку пионерной тропы *1* вглубь разведанного обводненного карьера (отдельного блока) за границу распространения сезонной мерзлоты (ориентировочно l = 10 –50 м от берега) и далее на проектную длину L (рис. *а*).

Пионерная тропа служит для экскаватора *5* рабочей площадкой *4*, с которой он производит первоначальное вскрытие залежи песка. При этом пионерный котлован *2* разрабатывают не на всю длину ранее отсыпанной тропы, а на длину её рабочего участка. А вынутый экскаватором песок переваливают на противоположный откос тропы *3*. Где его разравнивают (планируют) бульдозером *6*. Расширенная таким образом тропа служит далее в качестве площадки для складирования и первичного обезвоживания добываемого песка, а также размещения на ней погрузчика *7* и маневровой площадки для автосамосвалов *8* (рис. *б*).

После завершения первой проходки, при которой был разработан пионерный котлован *2*, экскаватор *5* возвращают на исходную позицию и приступают к промышленной добыче песка. Для этого в работу дополнительно подключают погрузчик *7* или второй экскаватор и автосамосвалы *8* (рис. *в*).

Промышленная добыча песка способом *скользящей* площадки, состоит из непрерывных процессов: *выемки* со дна озера; вместе с выемкой *перевалки песка* из насыпи прежней рабочей площадки на новую; *формирования* (бульдозером) из части вынутого песка *новой рабочей площадки*; *отгрузки и вывоза большей части добытого песка* автосамосвала-

Qп для Э 1252 Б, $м^3$/смену	363	336	291	256	218
Qп для ЭО 4121 А, $м^3$/смену	375	346	300	-	-
hн / m	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0

ми. Причем отгрузку осуществляют не сразу, а после первичного обезвоживания песка в буртах. Поэтому, чтобы не нарушать непрерывный процесс добычи и вывоза песка и обеспечить его первичное обезвоживание, песок отгружают из буртов с отставанием по времени (ориентировочное отставание одна смена) от добычных работ (рис. *г*).

Дальнейшая добыча песка экскаватором будет происходить за счет перемещения (скольжения) площадки по ранее отведенной ширине карьера, где, для прохода техники и атосамосвалов, оставляют неразобранной Г-образную часть скользящей площадки (рис. *д*). На стадии завершения добычных работ производят техническую рекультивацию подозерного карьера: выполаживание рабочего откоса уступа, разборку тропы экскаватором и вывоз песка за пределы карьера к месту потребления (рис. *е*).

Полезную сменную производительность экскаватора Qп (по объемам добычи полезного ископаемого, предназначенного для вывоза из карьера) можно рассчитать по формуле:

$$Qп = Q\ K2\ \{1/[(hн/m) + 1]\}/K1,$$

где K1 – коэфициент наполнения ковша экскаватора при черпании “сухих” пород; Q – сменная производительность экскаватора при черпании “сухих” пород, $м^3$/смену; K2 - коэфициент наполнения ковша экскаватора при черпании песчаных пород из под воды; hн – высота насыпи площадки и тропы, м; m – мощность разрабатываемой залежи песка, м.

В таблице приведен расчет сменной производительности экскаваторов драглайна Э 1252 Б (600 $м^3$/см) и обратной лопаты ЭО 4121 А (620 $м^3$/см), в зависимости от соотношения (hн/m), т.е. отношения мощности песка в отсыпанной площадке (тропе), подлежащего простой перевалки, к мощности песка – полезного ископаемого, подлежащего выемки из озера и вывоза, для пород 3-й группы составит (см. таблицу).

Коротко об авторах

Бессонов Е.А. – ЗАО «Глобалстрой-Инжиниринг».

© М.С. Четверик, О.А. Медведева, Е.А. Ворон, 2006

УДК 622.271

М.С. Четверик, О.А. Медведева, Е.А. Ворон

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ МОЩНОСТЬ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ПРИ ДОРАБОТКЕ КАРЬЕРОВ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИХ ВЫРАБОТАННЫХ ПРОСТРАНСТВ

Семинар № 16

Переход к рыночным отношениям, энергоемкая технология, плата за энергоносители по высоким ценам, изношенность оборудования, повышенные требования к охране окружающей среды, а также низкое качество природного минерального сырья существенно сказывается на экономичность добычи руд в Кривбассе. Экономическое состояние еще больше ухудшилось в связи со снижением производственной мощности карьеров и увеличением части постоянных затрат и их величины в себестоимости концентрата. Поэтому снизились объемы выемки вскрышных пород, а на отдельных карьерах, в связи с уменьшением необходимой вскрытой площади рудной залежи для обеспечения меньшей производительности стали осуществлять внутреннее отвалообразование. Дальнейшее увеличение глубины карьеров (в настоящее время составляет 300-370 м) предопределяет необходимость решения проблем обеспечения производственной мощности карьеров, формирования технологических комплексов, использование пространств отработанных карьеров.

Согласно теории разработки глубоких карьеров, изложенных в работах Н.В. Мельникова, В.В. Ржевского, М.Г. Новожилова, Б.Н. Тартаковского и др., для добычи руды на глубоких горизонтах эффективно использовать циклично-поточную технологию горных работ, которая и применяется на данный момент на всех карьерах Кривбасса. Транспортирование вскрышных пород предусматривалось осуществлять железнодорожным транспортом с вводом его на глубокие горизонты (до 250-300 м) путем применения повышенных уклонов железнодорожных путей. Однако последнее не удалось осуществить (максимальная глубина на ЮГОКе составляет 170 м) в связи с отсутствием сформированных нерабочих бортов и ряда других причин. Сложившиеся горнотехнические условия, обусловленные недостаточной выемкой вскрышных пород (по Кривбассу на 1.01.2005 г. около 330 млн м^3), могут привести к снижению производственной мощности карьеров.

Производственную мощность глубоких карьеров Q по полезному ископаемому, достижимую по горнотехническим возможностям, определяют исходя из скорости понижения горных работ к площади вскрытой рудной залежи:

$$Q = h \cdot S \cdot \gamma \frac{1-\beta}{1-\nu}, \qquad (1)$$

где Q – производственная мощность карьеров, т; h – скорость углубки карьера в рудной зоне, м/год; S – запасы

руды в метровом слое, млн.м^2/м; γ - плотность руды, т/м^3; β - размер потерь в долях единицы; ν - размер засорения в долях единицы.

Скорость углубки определяют исходя из производительности экскаватора и параметров разрезной траншеи, подготовку которой он осуществляет или из опыта работы.

Однако такая скорость понижения горных работ не может быть достигнута, если не будет выполнен соответствующий объем вскрышных пород. Поэтому, для установления производственной мощности карьера, достижимой по горнотехническим возможностям, необходимо определять ту скорость понижения горных работ, которая обеспечит существующий на карьере технологический комплекс по выемке вскрышных пород. Ее можно определить по следующему выражению:

$$h_{Г.В.} = \frac{\sum V_i}{h_y \cdot L_{О.В.}} \cdot tg\beta_B \quad , \qquad (2)$$

где $\sum V_i = V_1 + V_2$, где V_1, V_2 – объемы выемки вскрышных пород, соответственно на железнодорожный и автомобильно-железнодорожный транспорт, м^3; h_y – высота уступа, м; $L_{О.В.}$ – общая длина вскрышного фронта гор-ных работ, который будет перемещаться на данный период, м; β_B – угол откоса борта карьера во вскрышной рабочей зоне, град.

Как следует из выражения (2) при постоянной производительности технологического комплекса по выемке вскрыши с увеличением глубины карьера достижимая скорость понижения горных работ снижается (рисунок).

Скорость понижения горных работ $h_{Г.Н.}$, необходимую для обеспечения заданной производственной мощности карьера по руде можно определить так:

$$h_{Г.Н.} = \frac{Q}{\gamma(S_B - S_{В.О.})} \cdot \frac{1-\nu}{1-\beta}, \text{м}$$

или

$$h_{Г.Н.} = \frac{Q}{\gamma \cdot Ш_{ср} \cdot L_{О.Р}} \cdot \frac{1-\nu}{1-\beta}, \text{ м} \qquad (3)$$

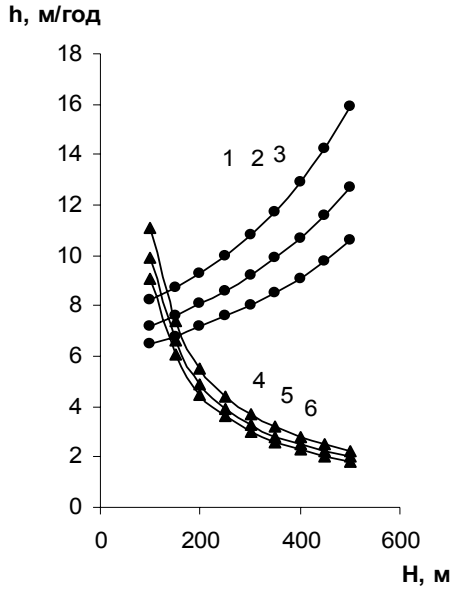
где S_B – общая вскрытая площадь рудной залежи, м^2; $S_{В.О.}$ – площадь вскрытой рудной залежи, занятой внутренним отвалом, м^2; $Ш_{ср.}$ – ширина рабочей площадки нормативной величины, м; $L_{О.Р.}$ – общая длина рудного фронта при нормативной величине рабочей площадки, м.

С увеличением глубины карьера общая длина рудного фронта сокращается. Поэтому для обеспечения постоянной производственной мощности карьера по руде с увеличением его глубины необходимо увеличение скорости понижения горных работ (см. рисунок). Этого можно достичь путем повышения производительности технологических комплексов по выемке вскрышных пород [1, 2] по следующим направлениям:

– Осуществить вскрытие нижних глубоких горизонтов с применением циклично-поточной технологии на карьерах, которые ее применяют, что позволит снизить расстояния автоперевозок полезного ископаемого, а высвободившиеся автосамосвалы при-менить на вскрыше. Опустить на нижние горизонты железнодорожный транспорт на временные борта карьеров.

– Увеличить уклоны железнодорожных путей до i = 0,045-0,050.

– Ввести дополнительные технологические комплексы в виде конвейерных или скиповых подъемников.



Изменение скоростей понижения горных работ с глубиной карьера при по-стоянной производственной мощности карьера и постоянной производительности вскрышного комплекса:

▲ – достижимая скорость понижения горных работ; ● – необходимая скорость понижения горных работ; *1, 2, 3* – при параметрах длины дна карьера по руде Д = 2500; 2000; 1500 м; и 4, 5, 6 – при параметрах соответственно L – 9800; 9000 и 8000 м.

Глубокие карьеры достигли таких глубин, которые требуют решения кардинальных вопросов: какая их граничная глубина карьера в сложившихся экономических условиях, как их ликвидировать и использовать отработанные пространства. После установления граничной глубины карьера проектом развития и доработки карьера следует определить вид объектов, которые могут быть созданы в его пространстве после отработки запасов. Это необходимо для того, чтобы одновременно с добычей полезного ископаемого или выемкой вскрышных пород осуществлять горно-капитальные и строительные работы по сооружению запроектированных комплексов. Создание объектов в пространстве отработанного карьера одновременно с его доработкой позволяет существенно сократить капитальные вложения на их сооружение, так как имеется комплекс горной техники (автомобильный транспорт, экскаваторы, буровые станки, бульдозеры), проложены линии электро- и водоснабжения, налажено транспортное сообщение между городом (поселком) и карьером, существует обеспеченность трудовыми ресурсами.

Обоснованная конечная глубина карьеров в дальнейшем позволяет проектом предусмотреть размещение в его пространстве объектов различного вида и назначения в соответствии с разработанной классификацией [3].

Объекты в пространстве отработанного карьера выбирают соответственно отрасли хозяйства региона; климатических и горно-геологических условий, параметров карьера; размещение объектов по климатическим зонам в соответствии с микроклиматом карьера.

При добыче и переработке железистых кварцитов актуальным остается вопрос складирования отходов обогащения и вскрышных пород. В горно-металлургическом комбинате «Криворожсталь» принято прогрессивное решение о складировании отходов обогащения в отработанный карьер №1. Это месторождение характеризуется тем, что отработанные запасы пятого и четвертого железистых горизонтов относятся к Восточно-Ингулецкой синклинали. В основании карьера и его бортах находятся мощные пласты третьего-четвертого малопроницаемых

сланцевых горизонтов. Восточная часть карьера, (меньшей глубины), заполнена вскрышными породами, а западная (глубиной 250 м) – водой. Карьер использовался для аккумуляции шахтных вод южной группы рудников. Предусматривается воду использовать в технологических процессах, а карьер заполнить отходами обогащения с последующей рекультивацией поверхности. Внедрение данного предложения позволяет не только улучшить экологическое состояние, но и избежать применения станций гидроподъёма шламов, которые сейчас используют при эксплуатации наземных хвостохранилищ.

Актуальной проблемой является использование пространств отработанных карьеров, особенно со скальными породами (карьеры Кривого Рога, некоторые карьеры по добыче флюсовых известняков Донецкого региона, АР Крым и др.), рациональное проведение горнотехнической и биологической рекультивации; создание биологических моделей образования почвенно-растительного слоя, обеспечивающих нормальный качественный рост древесных и кустарниковых пород.

В ИГТМ НАНУ разрабатывается проект доработки Кадыковского карьера по добыче флюсовых известняков ОАО «БРУ им. А.М. Горького» и создание в его отработанном пространстве туристическо-оздорови-тельной зоны «Феодора». Данное месторождение характеризуется скальными породами (коэффициент крепости по шкале проф. Протодьяконова f=9-12) с жесткими связями между минералами и зернами, с прослойками глинистых пород с включением каолинита и монтмориллонита, кварца, гидрослюд и тонких частичек гумусовых веществ.

В пространстве карьера проектом предусматривается расположить различные объекты, соответствующие профилю хозяйства данного района по климатическим зонам, с учетом особенностей микроклимата карьера. Пространство Кадыковского карьера по высоте условно разделяется на четыре зоны. В первой (верхней) зоне расположить автостоянку, гостиничный комплекс, административные здания, фитнес-клуб. Во второй зоне провести подземные камеры-галереи музея виноделия Крыма и Молдавии, построить теплицы, оранжереи с экзотическими растениями и цветами, солнечно-ветровые установки (СВ), разместить биогазовую установку. В третьей зоне - спортивный комплекс. В четвертой (нижней) – парковую зону с велотреками и водоемом пресной воды.

Для проведения горно-строительных работ предусматривается применить различные технологические комплексы. Так, для создания подземных галерей музея и размещения в них винных погребов, дегустационных залов можно применить камнерезные машины различной модификации (КМГ-2, МКГ-1). Для проложения велотреков, пешеходных дорожек, площадей под автостоянки, которые должны иметь ровную поверхность, возможно использование фрезерных комбайнов Surface Miner фирмы Wirtgen. Обеспечение теплом, освещение помещений, теплиц и др. производится за счет аккумуляции солнечной энергии СВУ.

На всей территории туристическо-оздоровительной зоны предусмотрено проведение озеленительных работ путем посадки почвоукрепляющих, корнеотпрысковых, хвойных и лиственных деревьев, кустарников, цветников (сосна крымская, лох обыкновенный, бирючина, лещина, таволга и др.) по

бортам, откосам уступов, площадкам карьера. На некоторых бортах и площадках карьера на гор. +105 м, гор. +90 м и гор.+75 м и др. наблюдается естественное прорастание растительности, которая представлена лекарственными и луговыми травами (мать-и-мачеха, пустырник и др.), кустарниками (грабиник, палиурус, дрок испанский) и деревьями (тополь обыкновенный и сосна крымская). Для формирования почвенно-раститель-ного слоя предусматривается использовать горные породы из отвалов: осадочно-карбонатные породы (иллитовая серо-зеленая и красно-бурая глины, мергели, аргиллиты) и хрупкие породы (песчаники и алевролиты), характеризующиеся значительной пластичностью, усадкой, связностью, лип-костью и малыми показателями истираемости. Породы в процессе разработки подверглись механическому воздействию и смешиванию литотипов, что привело к нарушению их естественной структуры и гранулометрического состава. Согласно гранулометрической классификации грунтов по В.В. Охотину, если в грунте содержится более 25 % глинистых частиц, то это свидетельствует о том, что естественные пылеватые и тяжелосуглинистые грунты в процессе экскавации и уплотнении преобразовались в глинистые с низкой высотой капиллярного поднятия [4]. Было установлено, что при обильном увлажнении происходит набухание, повышение вязкости глинистых частиц. А это в конечном итоге приводит к закупориванию пор и снижению роста древесных и кустарниковых пород.

Таким образом, необходима разработка модели почвенно-раститель-ного слоя, который бы обеспечивал накопление осенне-зимней влаги, и высоту капиллярного поднятия, близкую к естественной.

Выводы

1. Производственная мощность глубокого карьера, достижимая по горнотехническим условиям, определяется скоростью понижения горных работ, которая обеспечивается исходя из производительности технологического комплекса по высоте вскры-шных пород, параметров карьера и его рабочих зон по вскрыше и руде. При увеличении глубины карьера для обеспечения его производственной мощности необходимо повышение скорости понижения горных работ. При постоянной производительности технологического комплекса по выемке вскрышных пород, скорость понижения горных работ уменьшается. Поэтому необходим ввод дополнительных мощностей по выемке вскры-шных пород.

2. При выполнении проектных работ по доработке карьера необходимо предусмотреть объекты, которые могут быть размещены в его пространстве. Это позволит одновременно при добыче полезного ископаемого и выемке вскрышных пород осуществлять сооружение объектов, что позволит сократить затраты на капитальные работы.

3. При проведении технологических процессов (экскавация, транспортирование, отвалообразование) разрушается естественная структура пород. В результате их смешивания изменяется гранулометрический состав, пористость. Поэтому на рекультивированных землях не обеспечивается достаточная высота капиллярного поднятия, соответствующая естественной, не накапливается осенне-зимняя влага.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Четверик М.С., Медведева О.А.* Производственная мощность глубоких карьеров и технологические комплексы. // Матеріали міжнародної конференції “Форум горняків – 2005”, том 4. Дніпропетровськ: НГУ – 2005. С. 219-229.

2. *Медведева О.А.* Производительность по руде и вскрышным породам горнотранспортных комплексов карьера. // Геотехническая механика. Межвед. сб. научн. трудов. - Днепропетровск. - 2003. - №47.- С. 272-277.

3. *Четверик М.С. , Ворон Е.А.* Создание промышленно-хозяйственных и туристическо-оздоровительных комплексов в пространствах отработанных карьеров. Металлургическая и горнорудная промышленность, 2005, - №1, - С. 89-92.

4. *Ворон Е.А.* Особенности формирования почвенно-растительного слоя при рекультивации глубоких карьеров.// Геотехническая механика. Межвед. сб. научн. трудов. - Днепропетровск. - 2006. - №62.- С. 113-121.

Коротко об авторах

Четверик М.С. – доктор технических наук, профессор,
Медведева О.А. – инженер I кат.,
Ворон Е.А. – инженер I кат.,

Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины.

© Н.В. Зыков, Г.В. Секисов, Ю.Н. Резник, 2006

УДК 622.271

Н.В. Зыков, Г.В. Секисов, Ю.Н. Резник

СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИЙ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Семинар № 16

В качестве наиболее общей научно-практической категории социального аспекта нами выделяется интегральная категория - **«общесоциальная эффективность».**

Под общесоциальной эффективностью понимается, в широком смысле, повышение уровня социальности той или иной полезной деятельности человека – от индивидуума до больших соцобразований, например, те, на которые оказывает воздействие та или иная производственная деятельность и, в частности, - технологии освоения минеральных объектов.

Рис. 1. Общий (субкатегорийный) состав общесоциальной эффективности технологий освоения минеральных объектов

В соответствии с этим выделяем, рассматриваем, определяем и используем так же как своего рода общую исходную **субкатегорию – «общесоциальная эффективность технологий освоения минеральных объектов».**

Под общесоциальной эффективностью технологий освоения минеральных объектов понимается эффективность данных технологий, обусловленная, прежде всего, повышением безопасности и улучшением условий труда рабочих и служащих.

Выделяемые нами, основные составляющие (как субинтегральные категории) общесоциальной эффективности технологий освоения минеральных объектов представлены схемой на рис. 1.

Центральное место в общей системе общесоциальной эффективности занимает **собственно социальная эффективность,** под которой понимается снижение или устранения отрицательных (в том числе опасных, непосредственных) воздействий той или иной производственной деятельности (в нашем случае – технологий освоения) на жизнь, здоровье и работоспособность трудящегося, отдельных групп или целых коллективов.

Весьма близко (по своему проявлению и составу) к центральной находится субкатегория **«социально-экологическая (соцэкологическая) эффективность»,** под которой понимается снижение или ликвидация отрицательного воздействия того или иного производства на жизнь, здоровье или работоспособность занятых в нем человека или социальных групп и сообществ, а также, в определенной мере, и на окружающую среду.

Социально-экономическая эффективность (соцэкономическая эффективность) – это непосредственное сокращение или ликвидация отрицательных социальных последствий и косвенно-экономических.

При этом социальные положительные последствия имеют непосредственное или основное отражение, а экономическое- вспомогательное, либо является следствием социальных.

Эколого-социальная эффективность того или иного производства или его способа, процесса и т.д. – это снижение или ликвидация отрицательных прямых экологических, а косвенно и - социальных последствий.

Экономико-социальная эффективность выражается, главным образом, в снижении или ликвидации отрицательных экономических последствий от применения того или иного способа производства, либо от той или иной технологии, а в небольшой степени, и в основном косвенно – социальных последствий.

Социальная сфера воздействия технологий освоения

↓

Социальные субсферы

↓

Социальные зоны

↓

Социальные участки

↓

Социальные узлы

↓

Социальные звенья

↓

Социальные элементы

Рис. 2. Схема исходного состава иерархической системы объектов социального воздействия технологии освоения

Одним из характерных примеров этого может служить повышение производительности труда вследствие применения новой – прогрессивной технологии добычных работ на карьере.

В иерархической системе объектов социального воздействия технологий освоения, прежде всего, необходимо выделить области социального влияния технологий освоения минеральных объектов, а также обозначить систему социальных областей (рис. 2).

Как видно из представленной схемы, иерархическая социальная система («социальная цепочка») объектов, которые подвергаются (или могут подвергаться) тому или иному воздействию технологии освоения минеральных объектов, представляет в целом весьма многослойной.

Наиболее общую из соцобластей, т.е. наиболее пространственно обширную, целесообразно именовать «социальной сферой» или социальной технологической сферой, а наиболее узкую, т.е. локальное рабочее место,- «социально-производственным рабочим местом».

Исходный, т.е. наиболее общий, состав данной системы можно представить схемой (рис. 3).

В пределах общей социальной сферы, которая образуется или формируется при технологическом освоении минерального объекта, основными субсферами являются **внутренние, или собственно производственные.** Их количество и типы (в пределах социальной сферы) различны и зависят от типа и состава минеральных производств.

К - ***Срединным (или промежуточным)*** социальным субсферам следует отнести субсферы, образованные или формирующие в пространствах, примыкающих к внутренним, т.е. производственным субсферам.

Характерным примером и в этом отношении могут служить прикарьерная социнфраструктура и субсфера, образованная поселениями, в которых проживают рабочие и служащие угольного разреза

Социальная технологическая сфера

Внешние (социальные) субсферы

Срединные (промежуточные) социально-экологические субсферы

Внутренние социально-производственные субсферы

Рис. 3. Общий состав социальной горно-технологической сферы

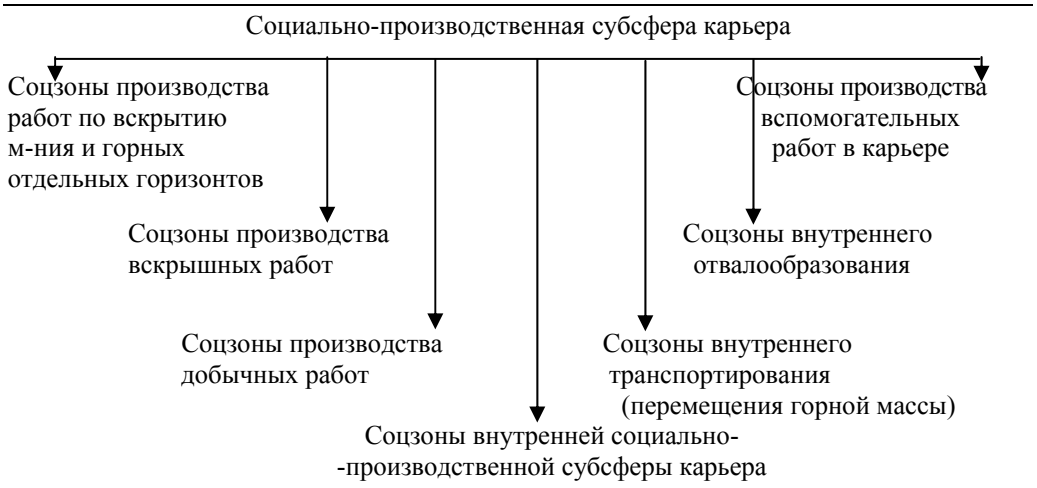


Рис. 4. Общий состав социально-производственной субсферы карьера

или рудника и, которые расположены вблизи минеральных производств (разреза или карьера).

Внешние социальные субсферы – это субсферы с социальными объектами, которые не связаны с конкретными минеральными производствами, но на которые они оказывают прямое или косвенное социальное воздействие или влияние. В большинстве случаев это – обычные населенные пункты, другого рода производства и т.д., расположенные в зонах социального влияния (положительного или отрицательного, либо того и другого) определенных минеральных производств.

Разумеется, наибольшее социальное значение приобретает **внутренняя, т.е. собственно производственная субсфера,** которая также неоднородна как по своему составу, так и по степени социального воздействия и характеру его последствий.

Общий состав социальной производственной субсферы горнодобывающих предприятий и, прежде всего, рудных карьеров свидетельствует о наличии целого ряда соцзон – социально-производственных зон (рис. 4).

Социальные участки карьеров, находящиеся и выделяемые в пределах социальных зон, представляют собой (преимущественно) – участки рабочих зон (или зоны) карьеров, которые в большинстве своем являются отдельные рабочие горизонты карьеров, и на которых осуществляют свою производственную деятельность рабочие нескольких (или одного) социальных узлов.

Следовательно, **социальный,** а точнее - **социально-производствен-ный** (или ***социально-технологичес-кий) узел*** – это пространственно сконцентрированный и локализованный в пределах участка (в частности, в пределах рабочего горизонта карьера) функционирующий технологический узел, обслуживаемый небольшим коллективом рабочих. При эксплуатации карьера таким социальным узлом внутренней субсферы является технологический узел «буровой станок - экскаватор-самосвал» или «буровые станки - экскаватор-локомоти-восостав», либо «экскаватор-конвей-ер» и т.п., совместно с обслуживаемым его малым коллективом рабочих, т.е. группой рабочих.

К социальному или социально-производственному звену целесообразно отнести рабочее звено того или иного социально-производственного узла, включая, непосредственно обслужи-

вающих данное звено рабочих. В частности, такими звеньями являются бригады (в отдельности) бурового станка, экскаватора, локомотивосостава, конвейерной линии или конвейерного комплекса, дробильно-сор-тировочной установки и т.д.

Социальная единица (или социальный элемент) – это функционирующее рабочее место одного трудящегося. В карьере к социальным единицам (или производственным индивидуумам) следует, прежде всего, отнести действующее рабочее место (в отдельности) машиниста бурового станка, водителя автосамосвала и т.д.

При этом ***функционирующее рабочее место*** может относиться:

- к *стационарному типу*, или практически стационарному типу, каковым, например, является рабочее место машиниста бурового станка;
- к *стационарно-динамичному типу*, каковым, в частности, является действующее рабочее место машиниста экскаватора;
- к *динамично-стационарному типу*, которым, в частности, является рабочее место машиниста электропоезда или тепловоза локомотивосостава, водителя автосамосвала или дизель-тройлеровоза;
- к динамичному типу, как, например, рабочее место бульдозериста, колесного скрепера и в определенной мере – фронтального погрузчика.

Разумеется, что характер и степень социального влияния на трудящихся в различных социальных областях (социальных таксонах) различен, что необходимо учитывать в методических основах его оценки.

В аспекте социальной, социально-политической и экономической значимости необходимо выделять и ***оценивать опасные производственные объекты.*** Причем целесообразно рассматривать и оценивать их как особую ***систему***, состоящую из *трех подсистем*: в качестве социальной составляющей - *подсистемы персонала*; социально-технической составляющей - *социально-технической подсистемы* и собственно техногенной составляющей – *технической подсистемы*.

С позиций социальной организации социальную общность, т. е. технический персонал, представляется возможным представить как динамичную систему (в аспекте социальности).

Что касается технической подсистемы, то она является своего рода комплексом горно-технологической техники и оборудования, технологических процессов и технологии освоения минеральных объектов в целом.

Поскольку технология освоения месторождений, как своего рода элемент общей системы, используется определенным сообществом людей, то ее взаимосвязь объемно структурирована соответственно ее назначению.

Коротко об авторах

Зыков Н.В. – Забайкальский горный колледж, г. Чита,
Секисов Г.В. – ИГД ДВОРАН, г. Хабаровск,
Резник Ю.Н. – ЧитГУ, г. Чита.

© О.С. Мисников, А.Е. Тимофеев, 2006

УДК 622.331:551.312.2

О.С. Мисников, А.Е. Тимофеев

ИЗУЧЕНИЕ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРАНУЛ НА ОСНОВЕ ТОРФОМИНЕРАЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Семинар № 16

Одной из основных задач, стоящих перед торфяной отраслью в настоящее время, является разработка новых технологий, основанных на процессах глубокой переработки сырья. Использование этих технологий позволит получать новые виды продукции из торфяного сырья и его композиций с различными наполнителями. Сбалансированные, ресурсосберегающие технологии переработки биогенных материалов позволят повысить эффективность производств, отказавшихся от крупномасштабной добычи торфяного сырья, направив их деятельность на переработку и получение разнообразной продукции пользующейся платежеспособным спросом на внутреннем и мировом рынках. В связи с этим актуальна идея академика *А.Е. Ферсмана* о комплексности использования полезных ископаемых: «Комплексная идея есть идея экономическая, создающая максимальные ценности с наименьшей затратой средств и энергии, но это идея не только сегодняшнего дня, это идея охраны наших полезных богатств от их хищнического расточения, идея использования сырья до конца, идея возможного сохранения наших природных запасов на будущее» [1]. Таким образом, одним из перспективных направлений переработки торфа является производство композиционных материалов различного компонентного состава, используемых при решении целого ряда задач, связанных с обеспечением топливом отдаленных потребителей, производством новых видов строительных материалов, расширением ассортимента удобрений, охраной окружающей среды.

На основе анализа литературных и патентных источников *Н.В. Гревцевым* была предложена структурная схема, разделяющая композиции на основе торфа на четыре основные группы: топливо, строительные материалы, продукция сельскохозяйственного и специального назначения. [2] Полный перечень торфяных композиций включает 46 наименований продукции. Материалы, предназначенные для сорбции, фильтрации и поглощения, изучаемые в ходе наших экспериментальных исследований, относятся к группе продукции специального назначения.

Создание и практическое использование торфяных сорбентов осложняется такими факторами, как необратимые явления в структуре при получении гидрофильных материалов, требующие последующей активации центров сорбции. Эти проблемы можно решить введением различных добавок (синтетические поверхностно-активные вещества, природные материалы), а также различными способами модифицирования материалов [3, 4].

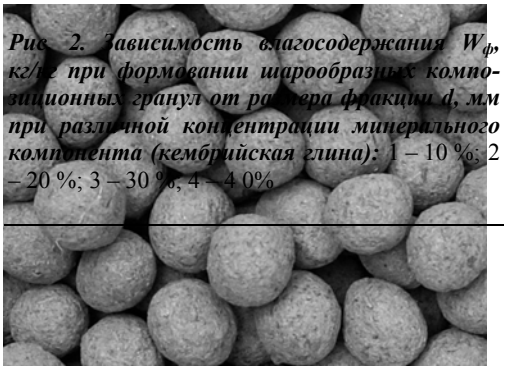


Рис. 2. Зависимость влагосодержания $W_ф$, кг/кг при формовании шарообразных композиционных гранул от размера фракции d, мм при различной концентрации минерального компонента (кембрийская глина): 1 – 10 %; 2 – 20 %; 3 – 30 %; 4 – 40%

Рис. 1. Экспериментальные образцы на основе торфоминеральных композиций: цилиндрические куски (слева) и сферические гранулы (справа)

Используемые в исследованиях методы повышения сорбционных свойств торфа направлены на изменение водно-физических характеристик в композициях с глинами, выражающиеся в интенсификации водопоглощения органо-минеральных систем.

Эксперименты проводились с торфяными кусками цилиндрической формы диаметром 30 мм и длиной 45 мм, сформованными в шнековом перерабатывающем устройстве методом экструзии, и сферическими гранулами, полученными методом окатывания в тарельчатом грануляторе (рис. 1). Образцы изготавливались из предварительно раздробленного верхового пушицево-сфагнового торфа[1] степенью разложения R = 35 %, и его смесей с различными видами глинистых материалов: кембрийской глиной (Ленинградская обл., пос. Никольское), каолиновой глиной (Челябинская обл., месторождение «Кыштымское»), глинистым мергелем (Тверская обл., т/м «Терелесовско-Грядское»). Композиционные смеси на основе этих материалов изготавливались в различных пропорциях, рассчитанных по массе сухого вещества.

Сушка экспериментальных образцов осуществлялась при конвективном (T = 291–296 К), радиационно-конвективном теплоподводе (T = 303…353 К) и относительной влажности воздуха φ = 70 ±10 %. В процессе обезвоживания определялись следующие водно-физические и структурные характеристики: среднее влагосодержание, изменение линейных размеров (усадка), локальное влагосодержание в центральной и периферийной зонах, разрушающая нагрузка при одноосном сжатии, капиллярное давление в материале при сушке, полная влагоемкость, скорость водопоглощения и удельное сопротивление сжатию гранул в цилиндре.

Для комплексной оценки процессов происходящих в органоминеральных смесях были изучены основные стадии технологического процесса производства и использования сорбентов, а именно грануляция, сушка и водопоглощение. В качестве критериев оценки материала на стадии окатывания использовались следующие показатели: скорость окатывания материала, влагосодержание и коэффициент формы гранул получаемой продукции.

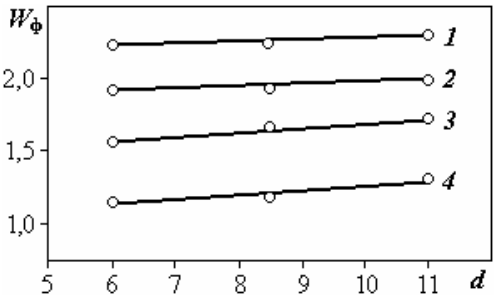
[1] Из торфа предварительно были удалены крупные древесные включения

При грануляции торфоминеральных смесей отмечено значительное увеличение скорости окатывания по сравнению с чистым торфом, и повышение качества сферических гранул (коэффициент формы не превышает 1,1). Объясняется это тем, что глина выступает в смеси в качестве связующего материала и на стадии окатывания проявляет себя как активный наполнитель. Она является гидрофильным компонентом, который внедряется в структуру торфа и взаимодействует с макромолекулами органического вещества торфа. При этом молекулы воды быстрее попадают в частицы торфа через этот гидрофильный «мостик», несмотря на противодействие гидрофобных участков органического вещества.

Оптимальное влагосодержание подготовленного для дробления торфа находится в диапазоне 0,9–1,2 кг/кг. Смачивание, производимое по мере окатывания, увеличивает значение этого показателя до 2–2,5 кг/кг [5]. При добавлении глин, обладающих хорошей связующей способностью, потребность в

увлажнении для образования окатышей значительно снижается и, вследствие это-го, влагосодержание органоминераль-ных материалов на выходе уменьшается примерно в 1,5–2 раза (рис. 2). Снижение количества влаги на стадии получения гранул влечет за собой уменьшение затрат на последующую сушку и увеличивает эффективность производства в целом.

Такие же особенности формования



органоминеральных материалов подтверждаются и при использовании метода экструзии (рис. 3). То есть возможно выполнение процесса фор-мования при влагосодержании меньшем по сравнению с исходным торфом. Величина этого снижения зависит от концентрации и вида минерального компонента. Более того, в органоминеральных композициях наблюдается улучшение качества продукции (отсутствие трещин при более «жестких» режимах сушки).

Исследование процесса сушки композиций позволило установить, что кривые изменения влагосодержания во времени и интенсивности сушки аналогичны кривым, которые свойственны торфяным системам [6, 7]. Средняя интенсивность испарения влаги в постоянном периоде при прочих равных условиях несколько уменьшается с увеличением доли минерального компонента.

В соответствии с зависимостью, полученной в работе [7], интенсив-

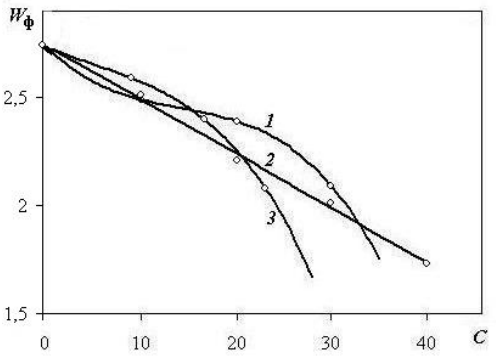


Рис. 3. Зависимость влагосодержания формования $W_ф$, кг/кг от содержания (концентрации C, %) минеральных компонентов: 1 – каолиновая глина, 2 – глинистый мергель, 3 – кембрийская глина

ность испарения в числе других показателей процесса сушки определяет значение прочности материала при его одноосном сжатии

$$R_i = R_{0T} \cdot \exp\left[\frac{E_0 - \alpha\left(W_п + \frac{i_c d_н}{a_m \gamma_c \cdot 4}\right)}{R^* T}\right], \quad (1)$$

где R_{0T} – значение прочности кусков при $T \to 0°C$, Па; E_0 – значение потенциального барьера разрыва межмолекулярных связей (максимальная величина энергии активации, Дж/моль; α – удельная энергия активации процесса разрушения, Дж/[моль (кг/кг)]; $W_п$ – влагосодержание поверхностного слоя куска, кг/кг; i_c – интенсивность сушки для постоянного периода, кг/(м^2 с); $d_н$ – начальный диаметр исследуемого образца, м; a_m – коэффициент диффузии влаги в торфе, м^2/с; γ_c – плотность сухой части торфа, которая вычисляется по формуле, кг/м^3, R^* – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К); T – температура сушки, К.

Таким образом, уменьшение интенсивности сушки при относительном постоянстве остальных параметров позволяет достигать увеличения прочности материала.

Сушка коллоидных капиллярно-пористых тел, к которым относятся торф и композиции на его основе, сопровождается изменением их линейных размеров, то есть их усадкой. Этот процесс, возникающий вследствие перепада капиллярно-осмотичес-кого давления [3, 7, 8], определяет деформацию элементов структуры и межструктурного пространства и, следовательно, оказывает влияние на массообменные и структурообразовательные процессы. Для всех исследуемых материалов отмечается линейное возрастание коэффициента усадки при увеличении концентрации минеральной составляющей.

Распределение влаги в объеме органоминеральных материалов в процессе их сушки свидетельствует о снижении градиента влагосодержания ∇W с увеличением доли минеральной составляющей (рис. 4).

Величина ∇W имеет особое значение при изучении характеристик внутреннего объемно-напряженного состояния системы, поскольку связана с градиентом капиллярно-осмо-тического давления в центральных и поверхностных слоях. В работе [7] было отмечено, что для получения качественной продукции необходимо снижение перепадов полей влагосодержания и температуры, что обеспечивает формирование относительно однородной прочной структуры. Это условие следует из выражения, согласно которому прочность слоя торфяного образца R_i по отношению к прочности соседнего слоя R_{i+1} :

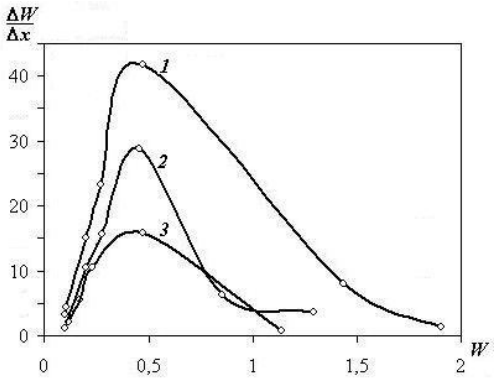


Рис. 4. Зависимость градиента влагосодержания ∇W, кг/(кг·м) от среднего влагосодержания W, кг/кг по объему образца при различных концентрациях каолиновой глины: 1 – 9 %, 2 – 16 %, 3 – 23 %

$$R_i = R_{i+1} \exp\left(-\frac{\alpha \nabla W_h}{R^* T}\right)_{T=\text{const}}, \qquad (2)$$

где ∇W_h – градиент влагосодержания по сечению образца, кг/(кг·м).

Из анализа кривых (рис. 4) следует, что распределение влагосодержания для композиционных образцов соответствует требованиям повышения качества, выражающееся в снижении доли некондиционной продукции (куски торфа размером $d < 25$ мм). Однако градиенты этих величин относятся к термодинамическим движущим силам, определяющим протекание процессов перераспределения тепла и массы в теле. При их снижении возможно уменьшение потока влаги из центральных слоев к поверхности зоны испарения в соответствии с соотношением [5]

$$i = -a_m \gamma_c \nabla W, \qquad (3)$$

где ∇W – градиент влагосодержания по сечению образца, кг/(кг·м).

Как следует из анализа выражения (3), величина ∇W определяет интенсивность испарения наряду с другими структурными характеристиками. Поскольку на кривых распределения влагосодержания в композициях относительное изменение максимального значения градиента может достигать 64 % (при сопоставлении кривой 1 и 3, рис. 4), то факт такого резкого уменьшения ∇W_{max} не позволяет полностью объяснить небольшое снижение интенсивности испарения. Отсюда следует, что при рассмотрении механизма сушки торфоминеральных смесей необходимо проводить анализ изменения структурных характеристик, определяющих массоперенос, а также вид (агрегатное состояние) потока (жидкое или газообразное).

Исследования изменения структурных характеристик подтвердили наличие двух периодов структурообразования для всех композиционных материалов, что характерно как для торфяных, так и для некоторых других органических систем [7].

При использовании торфоминеральных композиций в качестве сорбционных материалов исследование их свойств сводится к установлению зависимостей между концентрацией составляющих компонентов и основными физико-химическими характеристиками – скоростью поглощения и максимальным водопогло-щением.

Для сферических гранулированных образцов были получены кривые зависимости водопоглощения B от времени контакта сорбента с поглощаемой жидкостью, а также водопоглощение через 48 часов B_{48}, условно соответствующее максимально возможному [3].

Из анализа графика зависимости B_{48} от концентрации каолиновой глины (рис. 5) следует, что тенденция к увеличению данного показателя наблюдается практически для всех фракций до C = 40 %, после чего структура материала изменяется и емкость сорбции резко падает.

Поскольку для большинства сорбционных материалов практический интерес представляет поглощение в начальный период времени (не до состояния полного насыщения), то при рассмотрении процесса исследовался начальный период и соответствующая ему константа k_1. Эта величина характеризует изменение скорости поглощения по мере насыщения материала влагой.

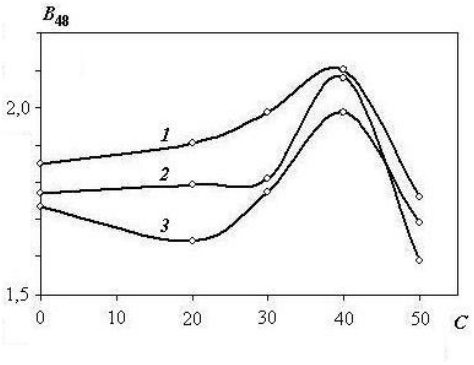


Рис. 5. Зависимость водопоглощения через 48 часов B_{48} от концентрации С, % минеральной составляющей (каолиновая глина) для гранулированных торфоминеральных образцов: 1 – d≈ 11 мм, 2 –7,5 мм, 3 – 5 мм

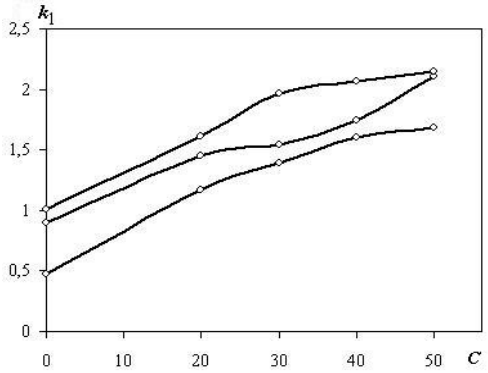


Рис. 6. Зависимость константы водопоглощения k_1, 1/мин сферических гранул от концентрации С, % каолиновой глины: 1 – d= 5 мм, 2 –7,5 мм, 3 – 11 мм

Зависимости k_1 от концентрации минеральной части (рис. 6) показывают, что константа водопоглощения растет с увеличением содержания глинистого материала. Необходимо отметить, что эта тенденция справедлива для всех образцов вне зависимости от вида глинистой добавки и технологии формования.

На основании изучения рассмотренных выше величин, был получен критерий оптимальности процесса поглощения, который равен произведению $k_1 \cdot B_{max}$. Физический смысл данного критерия – скорость в начальный момент процесса поглощения, то есть максимально возможная для данной системы V_{max}.

Поскольку технологическая схема производства сорбционных материалов неразрывно связана с процессом сушки, то при анализе сорбционных характеристик органоминеральных материалов необходимо уделять особое внимание влиянию температурного фактора на их изменение.

Анализ свойств композиционных материалов, высушенных при различных температурных режимах, показывает, что чем выше температура сушки, тем сильнее проявляются необратимые процессы в структуре и тем более гидрофобным становится материал. Предварительные эксперименты позволяют установить, что повышение температуры сушки резко снижает сорбционные свойства всех органоминеральных композиций.

Таким образом, исследование свойств гидрофильно-модифицированных композиционных материалов позволяет решить задачи, связанные с необходимостью поглощения различных водных сред при сравнительно небольших затратах на их производство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ферсман А.Е.* Проблемы минерального сырья. – М.: Наука, 1976.

2. *Гревцев Н.В.* Научные основы технологии торфяных композиционных материа-лов. Дис…. д-ра техн. наук. Тверь: 1998.

3. *Физико-химические* основы технологии торфяного производства/И.И. Лиштван, А.А. Терентьев, Е.Т. Базин, А.А. Головач. – Мн.: Наука и техника, 1983. – 232 с.

4. *Афанасьев А.Е.*, *Мисников О.С.*, *Иванов Д.В.* Исследование физико-механических

свойств органоминеральных композиций // Технология и комплексная механиз. торф. производства. Сб. научн. тр. / Тверь: ТГТУ, 2000. С. 84-89.

5. *Непша В.Г.* Исследование процесса гранулирования торфа методом окатывания в тарельчатом грануляторе. Дис…. канд. техн. наук. Тверь: 1981.

6. *Антонов В.Я*, *Малков Л.М.*, *Гамаюнов Н.И.* Технология полевой сушки торфа. – М.: Недра. 239 с.

7. *Афанасьев А.Е.*, *Чураев Н.В.* Оптимизация процессов сушки и структурообразования в технологии торфяного производства. – М.: Недра, 1992. 288 с.

8. *Гамаюнов Н.И.*, *Гамаюнов С.Н.* Сорбция в гидрофильных материалах. –Тверь: ТГТУ, 1997. 160 с.

Коротко об авторах

Мисников О.С., Тимофеев А.Е. – Тверской государственный технический университет, г. Тверь.

© Е.Ю. Исаева, О.В. Пухова, 2006

УДК 662.331:622.31:812

Е.Ю. Исаева, О.В. Пухова

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ СУШКИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТОРФЯНОЙ ПРОДУКЦИИ

Семинар № 16

В условиях рыночных отношений и непрерывного изменения требований, предъявляемых к технологии торфяного производства, а также широкого разнообразия торфа развитие отрасли сдерживается отставанием темпов совершенствования и разработки новых технологий добычи, переработки и использования торфа. Ускорение технического прогресса в торфяной отрасли может быть достигнуто в результате практической реализации глубоких теоре-тических разработок, доведенных до инженерных решений. В соответствии с этим постановка задачи по изучению закономерностей изменения физических свойств торфа при его переработке и сушке становится актуальной в связи с решением проблем прогнозирования физико-химических свойств торфа и направленного регулирования ими с целью более полного и эффективного

использования торфяной продукции для нужд энергетики и других областей применения.

Важным отличием торфа от других видов твердых топлив является то, что в естественном состоянии при залегании в залежи не является продукцией из-за сильной обводненности (до 90 % воды) при малом содержании серы. Поэтому для превращения его в продукцию необходимо удалить боль-шое количество воды.

Торф состоит из растительных остатков и минеральных компонентов. Часть минеральных компонентов в обводненном торфе находится во взаимодействии с ионами, пос-тупающими из раствора. Вторая часть – это различные минералы, соединения, занесенные в торф из воз-духа или потоками воды. Малоразложившийся торф низкой зольности состоит из волокон. И его свойства близки к свойствам хлопковой ваты. В хорошо разложившемся торфе структурным элементом служит гумус. Торф средней степени разложения имеет промежуточные свойства. В нем имеются волокна и разложившаяся масса. Прочность продукции из торфа зависит от количества и качества связей между частицами, агрегатами, ассоциатами, из которых он состоит, а также дефектов структуры, то есть ее степени «организации» [1].

В настоящее время торф добывают в основном фрезерным способом, недостатком которого является большая зависимость от погодных условий и высокая влажность готового торфа (40–45 %), а так же склонность к саморазогреванию при хранении. Повысить эффективность торфяного производства можно при разработке новых технологий добычи.

Длительность сушки торфа, которая определяет величину сбора, зависит от комплекса метеорологических, почвенных и технологических факторов [2, 3]. Почвенные и метеорологические факторы определяются естественными условиями природной среды. Технологические факторы могут быть изменены в нужном направлении в целях более полного использования погодных условий для сушки торфа и получения максимально возможных сборов.

Сушка торфа при добыче его фрезерным способом производится в слое непосредственно на полях добычи. Основными технологическими параметрами слоя, которые влияют на длительность сушки торфа, являются: толщина и равномерность расстила, величина среднедействующего диаметра, насыпной вес, влажность, величина поверхности испарения, величина площади и характер контакта торфяных частиц с подстилающей торфяной залежью.

Величина среднедействующего диаметра крошки в производственных условиях колеблется в пределах 1,5–6 мм. На низинных залежах более 50 % по весу составляют мелкие и пылеватые фракции. Па верховых залежах фракционный состав довольно неоднороден. Коэффициент вариации толщины расстила составляет 0,5–0,7.

В целях выявления эффективности сушки различных видов торфяной продукции были проведены сравнительные опыты по сушке фрезерной крошки, укрупненных частиц и гранул сферической и цилиндрической форм. Процесс сушки является одним из способов повышения концентрации твердой фазы, происходящих в торфе. Сушка велась при конвективном теплоподводе [4] при $T = 295$ К, $\varphi = 0{,}6$.

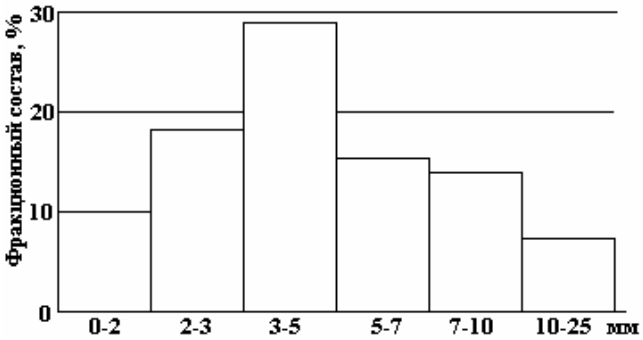


Рис. 1. Фракционный состав фрезерного верхового магелланикум торфа степенью разложения 30 %

Сравнительный анализ процессов сушки образцов торфяной продукции проходил в рамках. Сушка производилась до влажности 30 % без ворошения. Образцы приготавливались из верхового магелланикум торфа степенью разложения 30 %, фракционный состав которого представлен на рис. 1., из которого видно неоднородный состав частиц фрезерной крошки.

Укрупненные частицы (рис. 2) получали из фрезерной крошки на лабораторной установке. Фрезерная крошка загружается в бункер, дном которого служат два металлических вальца рабочего аппарата, вращающихся навстречу друг другу. Вращаясь, вальцы захватывают из бункера, торфяную крошку и запрессовывают ее в канавки ребристого вальца, из которых с помощью гребенчатых счистителей извлекаются сформованные частицы торфа. По направляющей плоскости укрупненные частицы поступают на ленту транспортера, образуя организованный расстил. При равенстве окружной скорости вращения вальцов $v_о$ и скорости движения транспортера $v_{тр}$ расстил укрупненных частиц производится в один слой. Если $v_о > v_{тр}$, то расстил осуществляется в большее число слоев.

Среднее значение $l_{ср}$ (мм) размера укрупненных частиц определяется

$$l_{ср} = \frac{l_1 + l_2}{2}.$$

Сферические гранулы получали на тарельчатом грануляторе методом окатывания фрезерной крошки, который позволяет регулирование размеров получаемых гранул. Гранулируемый материал подается непрерывно на поверхность вращающегося диска. В процессе окатывания частицы торфа по мере их укрупнения движутся в тарели по сужающимся к борту виткам спирали и одновременно удаляются от днища тарели. Такой характер движения определяется совокупными влияниям центробежных сил, прижимающих частицы к борту тарели, массы частиц, сил реакции борта и сил трения. Достигнув критического размера, окатыши торфа пересыпаются через борт. В зависимости от влагосодержания торфа и параметров работы гранулятора (число оборотов, угол наклона тарели и высота ее борта) были получены сферические гранулы диаметром от

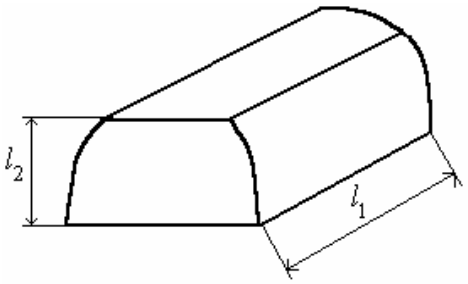


Рис. 2. Схема укрупненной частицы (l_1 – длина частицы, мм; l_2 – высота частицы, мм)

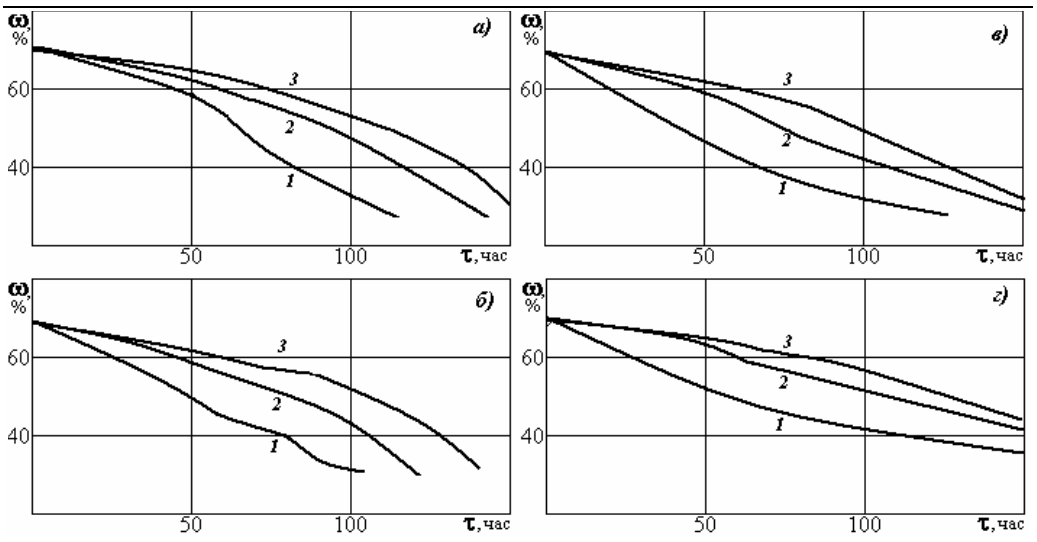


Рис. 3. Кривые сушки фрезерного торфа (а), укрупненных частиц (б), сферических (в) и цилиндрических торфяных гранул толщиной слоя: 1 –15 мм, 2 – 25 мм, 3 – 40 мм

10 до 30 мм.

Цилиндрические гранулы на формующем устройстве экструзионного типа с размерами гранул – диаметр 15 мм и длина 30 мм.

Принятая методика опытов по сушке, не отражая в полной мере процессов, происходящих в естественных условиях, позволила с достаточной точностью установить относительную интенсивность испарения влаги при сушке торфяной продукции различного назначения (фрезерной крошки, укрупненных частиц, сферических и цилиндрических гранул).

Результаты опытов для загрузок поля 1,2; 1,9 и 3 кг/м^2 представлены на рис. 3.

Процессы сушки торфяной продукции быстрее всего происходят в однослойном расстиле, однако более технологичнее производить сушку в полуторослойном расстиле, так как в этом случае интенсивнее идет сушка и в ее конце продукция образует равномерный однослойный расстил. Интенсивность испарения влаги с поверхности рамки, загруженного укрупненными частицами и гранулами, превышает интенсивность испарения фрезерного торфа, так как в формованной продукции существует единая капиллярная система, обеспечивающая постоянный подвод влаги в постоянном периоде сушке.

Укрупнение фрезерной крошки позволяет в 1,7–1,9 раза повысить среднюю интенсивность испарения из слоя. Сбор товарной продукции с единицы поверхности поля сушки в единицу времени увеличивается для укрупненных частиц в 1,8 раза в сравнении со сбором фрезерной крошки. При загрузках поля сухим веществом торфа 1,2 кг/м^2 укрупненные частицы сохнут с достижении торфом равновесной влажности стабилизируется на некотором постоянном уровне, определяемом режимом сушки и характером загрузки.

В настоящих опытах стабильная интенсивность испарения из рамок для укрупненных частиц равна 0,170 кг/м^{2}ч, для фрезерной крошки — 0,200 кг/м^{2}ч, для гранул — 0,230 кг/м^{2}ч.

Наилучшие условия для сушки укрупненных частиц и гранул создаются в расстиле толщиной в 1,5 слоя. В случае меньшей загрузки часть тепловой энергии затрачивается на испарение влаги из монолита залежи, так как вследствие усадки частиц в процессе сушки освобождается некоторая часть поверхности поля сушки. В зависимости от начальной влажности и величины загрузки эта часть может составить 10—40 % общей площади поля сушки.

Количество воды, испаряемое из монолита торфяной залежи при сушке торфа до условного влагосодержания (0,67 кг/кг), составляет значительную долю от количества воды, испаряемого из слоя сушимого торфа. При сушке укрупненных частиц оно колеблется в пределах 39–52 %, при сушке фрезерного торфа – в пределах 56–68 %, при сушке гранул – в пределах 36–46 %.

Результаты опытов говорят о том, что снижение уборочного влагосодержания ниже условного значения в случае добычи торфа пониженной влажности для различных целей приводит к значительному увеличению количества испаренной влаги из торфяной залежи. В этом случае оно может превышать в 1,2–1,3 раза количество влаги, испаряемое из слоя сушимого фрезерного торфа.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что формование укрупненных частиц, сферических и цилиндрических гранул из верховой фрезерной крошки позволит устранить существующие недостатки операции фрезерования, получить расстил с более благоприятными технологическими параметрами и достигнуть на этой основе увеличения теоретических цикловых и сезонных сборов торфа в 1,3–1,5 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афанасьев А.Е., Чураев Н.В.* Оптимизация процессов сушки и структурообразования в технологии торфяного производства. М.: Недра, 1992. 288 с.
2. *Физико-химические* основы технологии торфяного производства / *И.И. Лиштван, А.А. Терентьев, Е.Т. Базин, А.А. Головач*. – Мн.: Наука и техника, 1983. 232 с.
3. *Справочник* по торфу / Под ред. С.С. Корчунова и А.В. Лазарева. – М.: Недра, 1982. 760 с.
4. *Антонов В.Я., Малков Л.М., Гамаюнов Н.Н.* Технология полевой сушки торфа. – М.: Недра,1981. – 239 с.

Коротко об авторах

Исаева Е.Ю. – магистрант 5 курса направления «Горное дело»,
Пухова О.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры ТКМ РТМ,
Тверской государственный технический университет.

УДК 622.271

А.М. Валуев

К ОБОСНОВАНИЮ ПРОЕКТОВ И КАЛЕНДАРНЫХ ПЛАНОВ ОТКРЫТОЙ УГЛЕДОБЫЧИ ПО ФАКТОРУ КАЧЕСТВА УГЛЯ

Традиционно при обосновании проектов основное внимание уделяется выработке такого режима горных работ, который представляется наиболее эффективным. Эффективность, однако, определяется исходя из значений основных показателей открытой разработки, рассчитанных для достаточно длительных этапов (продолжительностью, как правило, не меньше года), Требования к качеству угля могут приниматься во внимание, но усредненно по этим же этапам. При этом неявно предполагается, что в пределах каждого этапа количественные и качественные показатели остаются приблизительно постоянными. На основе этого предположения рассчитывается, в частности, требуемый парк оборудования

Такое предположение оправдано в том случае, если в каждом выемочном слое мощность и среднее по толщине слоя качество угля не изменяется от одной точки к другой (допустимы только случайные некоррелированные отклонения от средних значений по выемочному слою). В этом случае усредненные значения мощности и качественных по выемочным блокам одного уступа приблизительно одинаковы, и выполнение в течение этапа в равномерном темпе добычных работ на каждом уступе обеспечивает выпуск продукции стабильного качества стабильным составом выемочно-погрузочного и транспортного оборудования, а колебания в малом временном масштабе могут быть погашены за счет использования усреднительных или подшихтовочных складов. Но эти меры усреднения не могут быть распространены на более длительные периоды порядка нескольких месяцев и более в связи как со сложностью технического обеспечения усреднения в больших объемах, так и в с связи с ухудшением качества угля и его потерями от ветровой эрозии (что влечет за собой и экологический ущерб) при длительном его хранении под открытым небом. Усреднение для таких периодов, если оно не вытекает из стабильных условий залегания, может быть обеспечено лишь регулированием горных работ, что требует наличия соответствующих ресурсов, т.е. резервов мощности выемочно-погрузочного оборудования, а вероятно, и оборудования и штата работников, занятых на вспомогательных работах.

В действительности рассмотренные благоприятные условия для равномерности ведения работ мало соответствуют самой природе залежей угля, разрабатываемых открытым способом, которые обычно образуются невыдержанными пластами сложной структуры [1, 2]. В выполненном при участии автора исследовании развития горных работ и технического перевооружения технологического транспорта на раз-

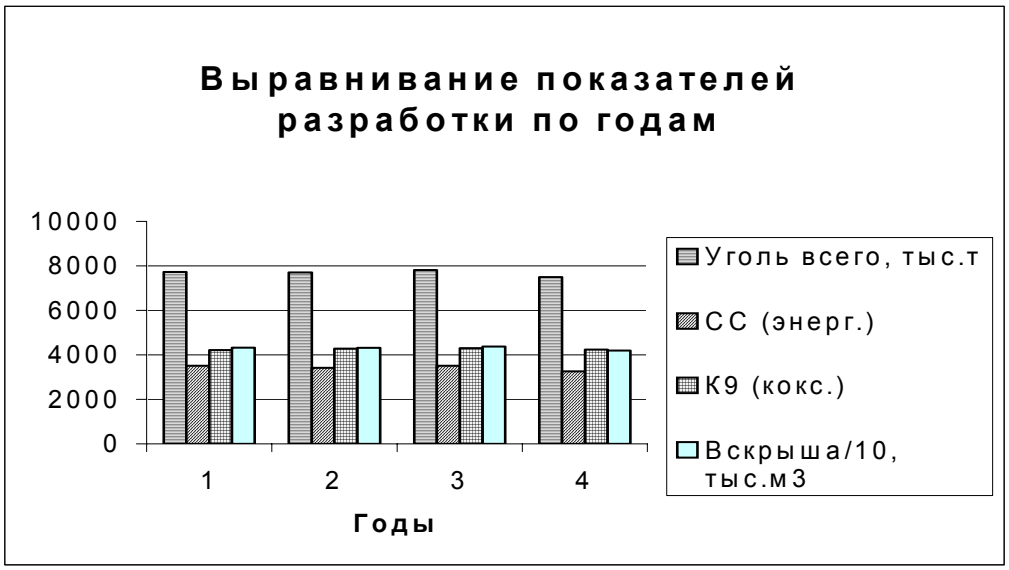


Рис. 1

резе «Нерюнгринский», основные результаты которого опубликованы в статье [3], был выполнен многовариантный анализ режима горных работ путем решения задач оптимизации по нескольким критериям с соответствующими ограничениями. Для Нерюнгринско-

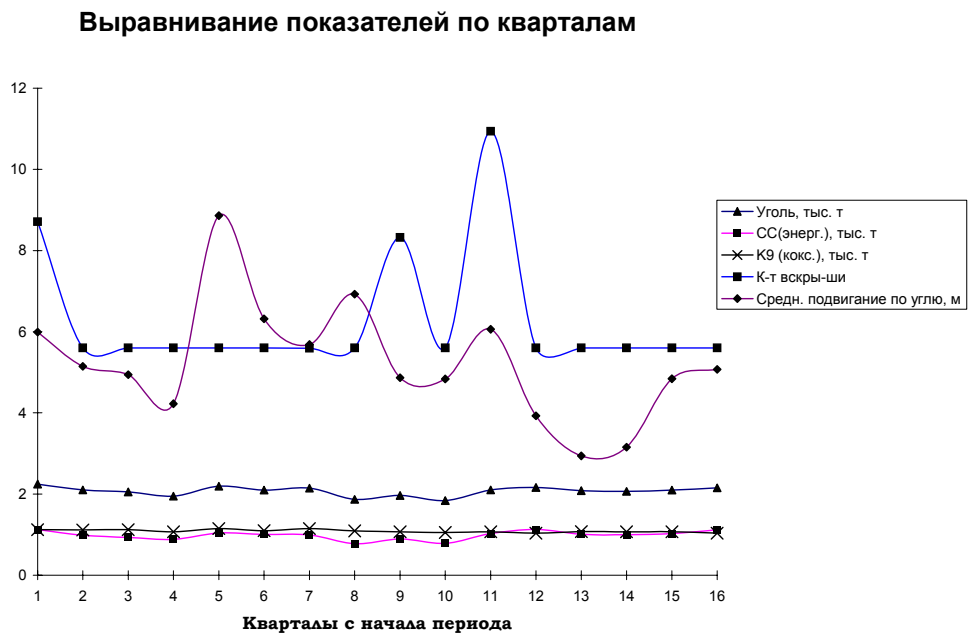


Рис. 2

го месторождения проблема обеспечения стабильного выпуска продукции лежит не столько в обеспечении по отдельности требуемого качества двух типов продукции разреза — коксующегося и энергетического угля, сколько в обеспечении постоянной пропорции между объемами выпуска этих двух типов продукции. Применение нелинейной модели рабочей зоны и адекватных средств ее расчета [4] позволили выбрать параметры парка оборудования, при которых было достигнуто выравнивание по годам основных показателей разработки, как показано на рис. 1.

Впоследствии автор задался вопросом, распространяется ли достигнутая стабильность основных показателей на более короткие временные промежутки, а именно кварталы. Следует отметить, что для использованной модели развития горных работ квартал представляется минимальным этапам, при котором модель может быть применена, для более коротких этапов требуется использовать иные модели и горных работ, и угольной залежи. Полученный результат, показанный на рис. 2, оказался отрицательным.

Как видно из рисунка, выравнивание производства двух типов продукции потребовало значительных колебаний коэффициента вскрыши, что говорит о необходимости иметь значительно больший резерв мощности оборудования, чем это ранее предполагалось.

Бесспорно, выполненные расчеты, результаты которых показаны на рис. 2, имеют прежде всего методическое значение, т.к. не была принята во внимание сезонность выполнения работ. Последнее обстоятельство, однако, само по себе еще больше усиливает эффект неравномерности, показанный в расчетах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Угольные* месторождения для разработки открытым способом/К.К.Кузнецов и др. — М.: Недра, 1971.— 312 с.
2. *Мисевра О.А., Щадов М.И.* Угольно-энергетический баланс Восточной Сибири и Дальнего Востока. — М.: Изд-во МГГУ, 2003. — 472 с.
3. *Щадов В.М.* О развитии горных работ и техническом перевооружении технологического транспорта на разрезе «Нерюнгринский» // Уголь — 2000. — №8 — С. 36–40.
4. *Валуев А.М.* Метод и программа оптимизации рабочей зоны угольного разреза: Отдельные статьи Горного информационно-аналитического бюллетеня — 2003 — №8 — 22 с.

Коротко об авторах

Валуев Андрей Михайлович — кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Организации и управления в горной промышленности», Московский государственный горный университет.