

# Горно- Геологический журнал

научно-технический и производственный журнал



2006. №2 (8)

ISBN 9965-431-42-7

# Горно-геологический журнал приглашает к сотрудничеству

## Горно-геологический

журнал, известный в Казахстане, России, Азербайджане, Узбекистане и Китае, имеет широкий круг читателей. Здесь публикуются материалы о поисках, разведке и прогнозированию месторождений полезных ископаемых, комплексных технологиях добычи и переработки минерального сырья, рассматриваются экономические и экологические проблемы в области геологии и горного дела, приводятся информационные сведения о конференциях, совещаниях и т. д. Авторами публикаций являются видные ученые, представители научных центров страны и зарубежья, руководители предприятий, опытные производственники и молодые инженеры.

В настоящее время тираж журнала составляет 500 экземпляров, периодичность - 2 номера в год, годовая цена подписки 1400 тенге. Журнал распространяется через редакцию.

Если Вы заинтересовались информацией, публикуемой в нашем журнале, можно оформить подписку. Для этого необходимо перечислить на расчетный счет № 9467635 в Житикаринском РКО Костанайского филиала АО "БанкТуранАлем" БИК 192701305 КБе 17 необходимую сумму и прислать в адрес редакции копию платежного поручения с указанием почтового адреса и телефона.

Если у Вас есть материалы или рекламная информация, которую хотели бы увидеть на страницах нашего журнала, пишите нам, звоните или присылайте по электронной почте.

Выписывайте, читайте "Горно-геологический" журнал, и Вы узнаете много интересного и полезного.

Наш адрес: 110700 г. Житикара, Республика Казахстан, Костанайская область, 4 мкрн., д. 5а ТОО "Асбестовое ГРП"

Редакция Горно-геологического журнала

E-mail: [nizamid@mail.ru](mailto:nizamid@mail.ru), [asbestgrp@mosk.ru](mailto:asbestgrp@mosk.ru).

Контактные телефоны: 8 (314 35) 2-22-72; 2-35-60. Факс 8 (314 35) 2-22-72.



**Главный редактор**

**Н. Н. Джафаров**, доктор  
геолого-минералогических наук,  
академик НИА РК и МИА

**Зам. главного редактора**

**Ф. Н. Джафаров**, кандидат геолого-  
минералогических наук

**Ответственный секретарь**

**Т. М. Каскевич**, инженер-геолог

**Редакционная коллегия:**

**А. Б. Бегалинов**, доктор  
технических наук, профессор

**О. Б. Бейсеев**, доктор геолого-  
минералогических наук, профессор

**С. Ж. Галиев**, доктор  
технических наук, профессор

**К. К. Жусупов**, кандидат  
технических наук

**А. Р. Ниязов**, доктор геолого-  
минералогических наук, профессор

**Е. В. Альперович-Ландо**

*Журнал зарегистрирован Министерством  
культуры, информации и общественного  
согласия РК 04.02.2003 г.*

*Свидетельство о регистрации № 3561-Ж*

**Адрес редакции:**

459430, г. Житикара, 4 мкр., 5«А»

Тел./факс: 8(31435) 2-22-72

E-mail: nizamid@mail.ru, asbestgrp@mosk.ru

**Литературная обработка**

**Т. Е. Каткова**

**Дизайн И. Я. Хафизов**

**Компьютерная обработка**

**И. У. Насырова**

Подписано в печать 19.12.2006.

Формат 84x108 1/8. Бум. офсетная.

Уч.-изд. л. 4,8. Тираж 500 экз.

Заказ 832.

ISBN 9965-431-42-7

© ТОО «Асбестовое геологоразведочное  
предприятие», 2006

Отпечатано в ТОО «Принт-С», г. Алматы

*РАМАЗАНОВ В. Г., ЭФЕНДИЕВА З. ДЖ.,  
ВЕЛИЕВ З. А.*

**ЗАВИСИМОСТЬ ФИЗИЧЕСКИХ  
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ГОРНЫХ ПОРОД ОТ ВНЕШНИХ  
ФАКТОРОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ  
ГОРНЫХ РАБОТ .....3**

*ДЖАФАРОВ Н. Н.*

**ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
БОРТОВОГО СОДЕРЖАНИЯ ХРИЗОТИЛ-  
АСБЕСТА В ПРОБАХ ДЛЯ  
ОКОНТУРИВАНИЯ РУДНОГО ТЕЛА .....11**

*ЖУСУПОВ К. К., АГУБАЕВ Т. М., ПУНЕНКОВ С. Е.*  
**ВЫМЫСЕЛ И РЕАЛЬНОСТЬ  
О ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТЕ .....13**

*ЗЫРЯНОВ В. А., КРАСНОВ Г. П.*

**ОБ ОСОБЕННОСТЯХ СЕРПЕНТИНИЗАЦИИ,  
АСБЕСТОНОСНОСТИ И ТИПИЗАЦИИ РУД  
КИЕМБАЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА .....17**

*ЖУСУПОВ К. К., КОБЖАСОВ А. К.,  
АБДРАХМАНОВА Д. К., АГУБАЕВ Т. М.,  
ПУНЕНКОВ С. Е.*

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
УСРЕДНЕНИЯ АСБЕСТОВЫХ РУД  
НА ОБОГАТИТЕЛЬНОМ ПЕРЕДЕЛЕ .....22**

*БЕЙСЕЕВ О. Б., БЕЙСЕЕВ А. О.,  
ШАКИРОВА Г. С.*

**ПРОДОЛЬНО-ВОЛОКНИСТЫЙ  
ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТ –  
НЕТРАДИЦИОННЫЙ ВИД  
АСБЕСТОВОГО СЫРЬЯ .....28**

**ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ**

*Абдрахману Бегалиновичу  
Бегалинову – 60 лет .....39*



**Editor**

**N. N. Jafarov,**  
dr. of geological sciences,  
academician NEA RK and IEA

**Editorial board**

**A. B. Begalinov,** dr. of technical sciences,  
professor  
**O. B. Beiseyev,** dr. of geological sciences,  
professor  
**S. G. Caliev,** dr. of technical sciences, professor  
**F. N. Jafarov,** candidate  
of geological sciences (Co-editor)  
**K. K. Zhukupov,** candidate  
of technical sciences  
**A. R. Niyazov,** dr. of geological sciences,  
professor  
**T. M. Kazkevitch,** engineer-geologist  
(Secretary)  
**E. V. Alperovich-Lando**

The magazine is registered in the  
Ministry of Culture, Information  
and Public Consent of the Republic  
of Kazakhstan. Certificate of registration  
№ 3561-Ж dated 04.02.2003

Address of editorial office:  
5 «A» house, microdistrict, 4  
Zhitikara Kostanai Region, 459430  
Republic of Kazakhstan  
Tel./fax: 8 (31435) 2-22-72  
E-mail: nizamid@mail.ru,  
asbestgrp@mosk.ru

**Literature processing**

**T. E. Katkova**

Design **I. Y. Hafizov**

**Computer processing**

**I. U. Nassirova**

ISBN 9965-431-42-7

*RAMAZANOV V. G., EFFENDIYEVA Z. J.,  
VELIYEV Z. A.*

**ESTABLISHMENT OF LAW OF CHANGE  
OF PHYSICAL AND TECHNOLOGICAL  
PROPERTIES OF ROCKS DEPENDING ON  
EXTERNAL FACTORS BY MANUFACTURE  
OF MOUNTAIN WORKS .....3**

*JAFAROV N. N.*

**FEATURES OF DEFINITION OF THE  
ONBOARD CONTENTS OF CHRYSOTILE-  
ASBESTOS IN SAMPLES FOR  
CONTOURIZATION THE ORE BODY .....11**

*ZHUSUPOV K. K., AGUBAYEV T. M.,  
PUNENKOV S. E.*

**FICTION AND REALITY ABOUT  
CHRYSOTILE-ASBESTOS .....13**

*ZYRYANOV V. A., KRASNOV G. P.*

**ABOUT FEATURES OF  
SERPENTINIZATION, ASBESTOS-  
BEARING AND TYPIFICATIONS OF ORES  
OF THE KIYEMBAYEV DEPOSIT  
OF CHRYSOTILE-ASBESTOS .....17**

*ZHUSUPOV K. K., KOBZHASOV A. K.,  
ABDRAKHMANOVA D. K., AGUBAYEV T. M.,  
PUNENKOV S. E.*

**ECONOMIC EFFICIENCY OF AVERAGING  
OF ASBESTINE ORES ON  
CONCENTRATING REPARTITION .....22**

*BEISEYEV O. B., BEISEYEV A. O.,  
SHAKIROVA G. S.*

**LONGITUDINALLY FIBROUS CHRYSOTILE-  
ASBESTOS – THE NONCONVENTIONAL  
KIND OF ASBESTINE RAW MATERIAL....29**

**ANNIVERSARIES**

*Begalinov Abdrakhman Begalinovich .....39*

## ЗАВИСИМОСТЬ ФИЗИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД ОТ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГОРНЫХ РАБОТ

**В. Г. РАМАЗАНОВ**, доктор геолого-минералогических наук, профессор;

**З. Дж. ЭФЕНДИЕВА**, кандидат технических наук, доцент;

**З. А. ВЕЛИЕВ**, кандидат геолого-минералогических наук, доцент

*Бакинский государственный университет, г. Баку, Республика Азербайджан*

Тау жұмыстарының физикалық сондай-ақ технологиялық қасиеттері негізінен тұрақтық факторларға минералдық құрам және құрылым байланысты екені анықталған. Физикалық және технологиялық қасиеттердің арақатынасын білеу – әр түрлі тау жұмыстарының негізгі қасиеттерін эксперименталдық анықтаусы болжамға және осы тау жұмыстары туралы ақпараттарды береді.

Орнатылған заңдылық тау жұмыстарының қасиеттері туралы жаңа ақпараттар береді және тау-кен өндірісіндегі жұмыс режимін есептеу мен өнімділігін арттыруды жоспарлауға себебін тигізеді.

Выявлено, что физические, а также технологические свойства горных пород в основном зависят от постоянных факторов (минеральный состав и строение). Знание взаимосвязей между физическими и технологическими свойствами дает возможность прогнозировать основные свойства различных пород без их экспериментального определения и облегчает получение информации о данной горной породе.

Установленные закономерности предоставляют новую информацию о свойствах горных пород, позволяют восстановить режим работы для расчета и производительности существующего горного оборудования при проектировании горных предприятий и планировании их работы.

It was determined by carried out researches that physical as well as technological properties of rocks mainly depend on permanent factors (mineral composition and structure).

Regular dependence of physical and technological properties on mineral composition and rock structure determines general correlative interrelation between physical and technological factors.

Awareness of interrelations between physical and technological properties enables to pre-determine basic properties of various rocks without their experimental determination and makes it easier to obtain information of given rock.

These regularities provide essentially new information. Information obtained with respect to rocks' properties makes it possible to resume the working regime for calculation and productivity of existing mine equipment and projecting of mine enterprises and planning their activity.

Для социального и экономического развития в условиях переходного периода большое значение имеет ориентация горной промышленности и других отраслей народного хозяйства на освоение богатейших природных ресурсов Азербайджанской Республики. Полезные ископаемые имеют огромное значение в экономике страны, являясь основой строительства и промышленности, а масштаб их добычи и переработки определяет уровень материального производства, богатства и экономического развития государства.

Исследование глубинного строения терри-

тории Азербайджана как основы научного прогноза образования и поисков месторождений полезных ископаемых определяет необходимость изучения физики горных пород.

В различных областях науки и техники исследуются разные физические, технологические свойства и параметры веществ главным образом в целях их использования в промышленности.

Как известно, показатели технологических процессов горного производства в значительной степени определяются свойствами горных пород. Получение информации об изменениях

состава и состояния горных пород при различных технологических процессах их добычи и обработки является одной из важнейших задач современного горного производства.

Свойства горных пород изменяются в большом диапазоне. Физические параметры пород не являются константами, ими можно управлять, они зависят от строения внешних или внутренних электронных орбит атомов, особенностей электронной оболочки и массы ядер, их строения. Исходными факторами, определяющими физические свойства пород, являются их минеральный состав и строение.

Отсутствие либо недостаток знаний о физических и технологических свойствах пород тормозит внедрение новых методов бурения, разрушения, упрочнения выемки пород и первичной переработки полезных ископаемых.

К физико-технологическим свойствам горных пород относятся плотность, пористость, прочность, модуль Юнга, коэффициент Пуассона, теплоемкость, крепость, буримость, взрываемость, абразивность, твердость и др. При воздействии на нетронутый массив пород горному инженеру необходимо знать свойства горных пород в их естественном состоянии. Для выполнения других процессов (погрузка, транспортировка, перемещение, складирование и др.) необходимо знать искусственные изменения пород, которые зависят от свойств пород в их естественном состоянии, способа воздействия на них, стадии разработки.

Далее рассматривается изменение физических и технологических свойств горных пород в зависимости от внешних факторов.

Если порода сложена из минералов, параметры которых мало различаются между собой, то разное содержание их в породе практически не влияет на изменение ее свойств. Наоборот, если параметры одного из слагающих породу минералов существенно отличаются от параметров прочих минералов, то его содержание в породе будет заметно влиять на свойства породы в целом.

Минеральный состав пород не определяет величину тензорного параметра, поэтому его необходимо рассматривать совместно с показателями строения пород: размерами и формой минеральных зерен, слоистостью и пористостью.

Зависимость свойств пород от размеров зерен обусловлена тем, что с изменением размеров меняется площадь контактов между зернами на единицу объема породы. При этом контакты практически всегда имеют свойства, отличные от свойств внутризеренного вещества.

Практически любая порода состоит из минерального и порового объема. Пory часто могут соединяться с внешней средой и между собой, образуя сплошные извилистые каналы. Пористость горных пород изменяется в значительных пределах. Бывают породы практически не пористые и такие, в которых пористость достигает 90 %. В среднем же пористость горных пород составляет 1,5–30 %. Различие в первоначальном типе строения пород отражается на пористости и плотности базальтов. Зависимость плотности базальтов от их строения показана на рис. 1. Пористость базальтов меняется в сравнительно небольших пределах. Влияние структуры на плотность уменьшается, и последняя зависит главным образом от минерального состава пород. Высокой пористостью обладают осадочные породы. Средняя пористость сланцев равна 9 %, песчаников – 15 %, известняков – 5–10 %.

Сухая пористая порода состоит из минерального скелета и газов, заполняющих поры. Газы очень плохо передают механические напряжения, тепло, электричество. Поэтому в породах энергия передается лишь через минеральный скелет. Вместе с тем с увеличением пористости, особенно крупной и открытой, возрастает число каналов, по которым может передаваться вещество, например жидкости и газы. В этом случае пористость является показателем строения породы. Если свойства связаны с накоплением энергии, пористость становится показателем состава породы.

Пористость наиболее существенно влияет на физические свойства пород. Наиболее сильные зависимости от пористости наблюдаются у следующих параметров пород:  $E$ ,  $\sigma_{сж}$ ,  $\sigma_p$ ,  $\lambda$ , поэтому между ними возможны взаимосвязи при изменении пористости.

Объемная масса пород зависит в основном от их минерального состава и строения. Так, у магматических пород увеличивается объемная масса с уменьшением содержания кварца, по-

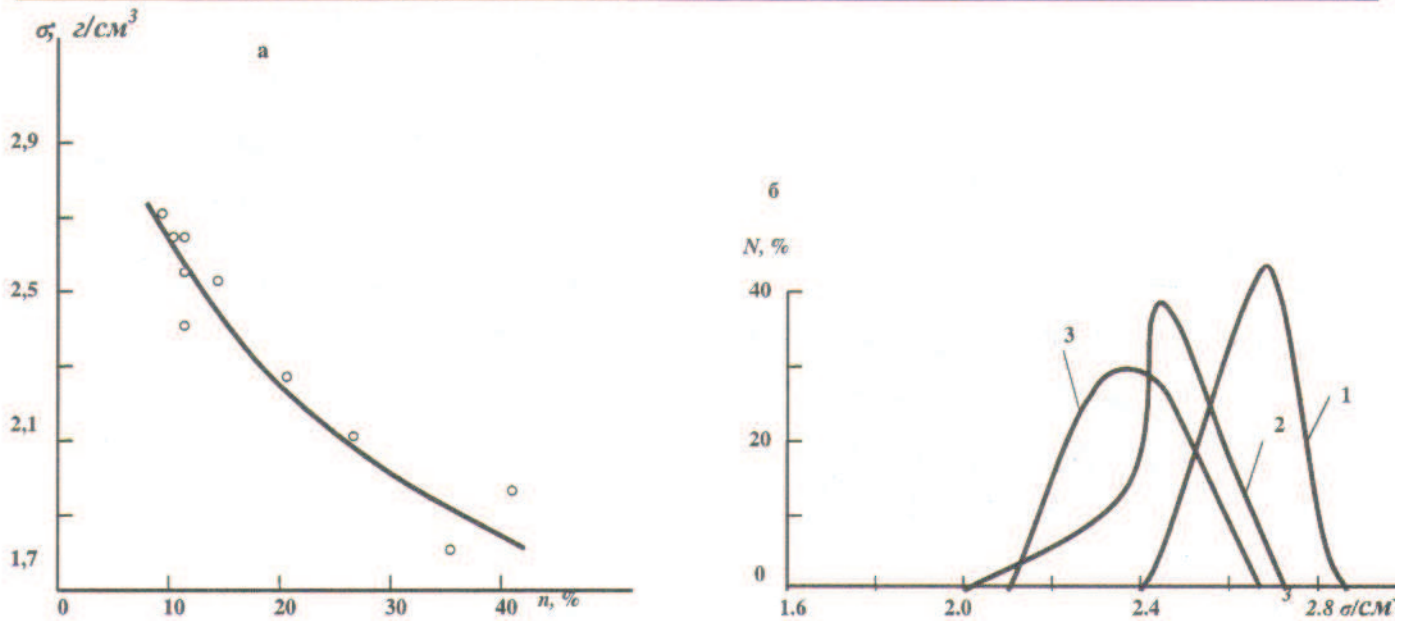


Рис. 1. Зависимость плотности базальтов от их пористости (а) и текстуры (б)  
1 – массивной; 2 – миндалевидной; 3 – грубопузырчатой

сколько кварц обладает меньшей плотностью ( $2,65 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ), чем железисто-магнезиальные минералы (оливин, пироксены, роговая обманка, биотит и т. д.), слагающие магматические породы. Объемная масса большинства пород колеблется от  $1,5 \cdot 10^3$  до  $3,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ . Большой объемной массой обладают руды, так как в их состав входят тяжелые рудные минералы: гематит, магнетит, сидерит, киноварь. Плотность кристаллических пород на  $4 \pm 10 \%$  больше плотности аналогичных им по составу аморфных пород (стекло). Низкую объемную массу имеют гидрохимические осадки – гипс ( $2,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ) и каменная соль ( $2,1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ). Весьма низкими значениями объемной массы ( $(0,72-2) \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ) обладают каменные угли и торф.

Наиболее низкая средняя плотность среди пород свойственна гранитам. По химическому составу они отличаются от других интрузивных пород наибольшим содержанием кремнезема и наименьшим феррических оксидов. Характерно также наименьшее содержание оксидов алюминия и кальция. От гранитов до габбро плотность постепенно возрастает, что определяется увеличением содержания в породах феррических оксидов и уменьшением кремнезема.

Закономерное изменение плотности пород от их минерального состава и строения пород показано на рис. 2. Возрастание плотности пород в нормальном ряду гранит–перидотит про-

исходит в результате постепенного уменьшения содержания микроклина и кварца, увеличения количества и основности плагиоклазов, изменения количества роговой обманки и появления пироксенов, которые в группе ультраосновных пород становятся главными породообразующими минералами. Характеристика плотности пород соответствует нормальному содержанию аксессуарных минералов, которое сравнительно постоянно.

Следует отметить, что все показатели плотностных свойств существенно зависят от минерального состава и строения горных пород.

Из породообразующих минералов наибольшей прочностью обладают кварц и кварцсодержащие породы. По данным исследователей предел прочности при сжатии кварца превышает 500 МПа, полевых шпатов, пироксенов, авгита, роговой обманки, оливина и других железисто-магнезиальных минералов – 200–500 МПа. Кальцит имеет  $\sigma_{сж}$  около 20 МПа.

Наибольшие значения предела прочности при сжатии имеют также плотные мелкозернистые кварциты и нефриты: 500–600 МПа. Значительной прочностью (более 350 МПа) обладают плотные мелкозернистые граниты, несколько меньшей – габбро, диабазы и крупнозернистые граниты. Прочность углей при сжатии изменяется в зависимости от степени их метаморфизма от 1 до 35 МПа.

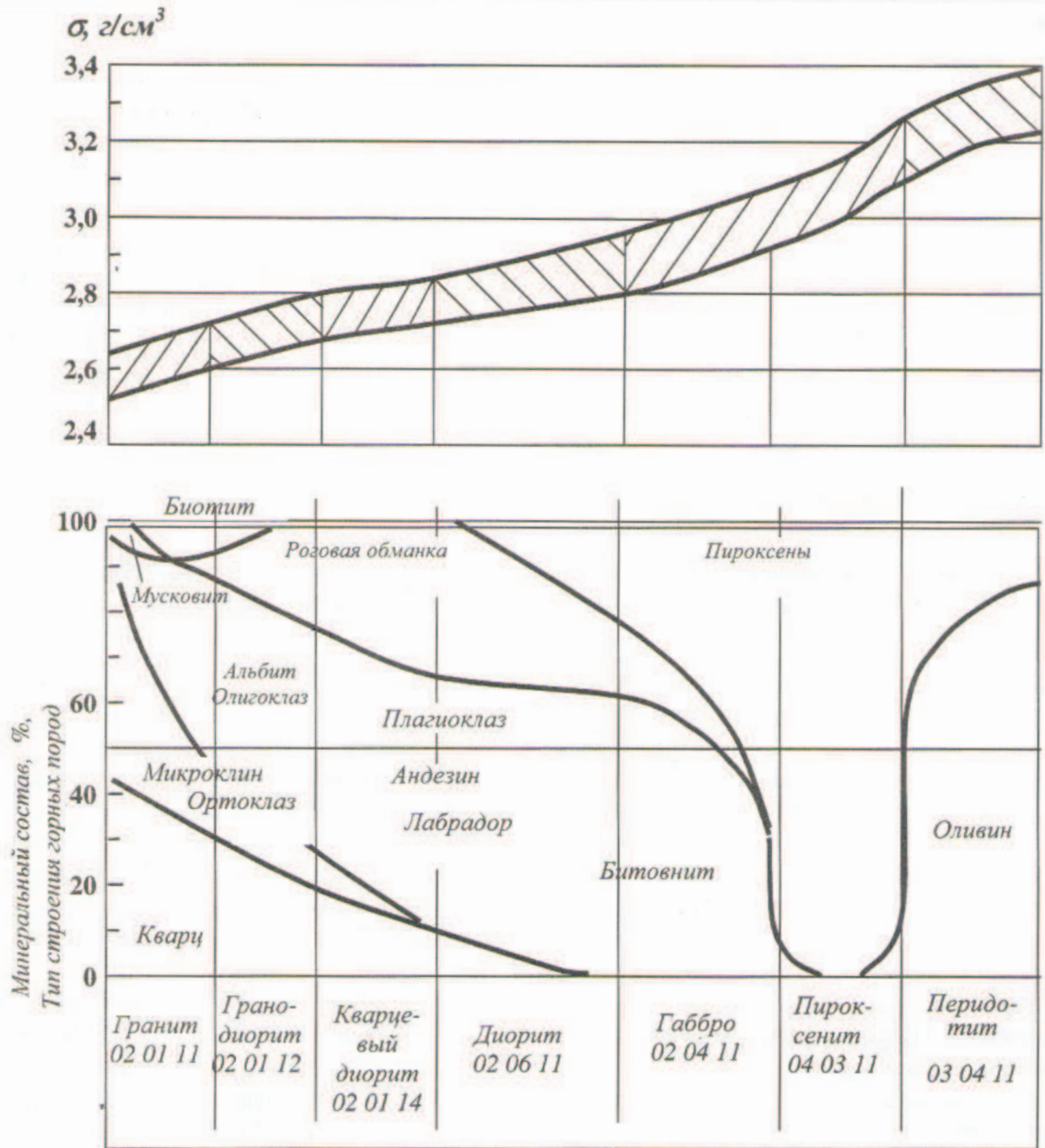


Рис. 2. Изменение плотности пород в зависимости от минерального состава и типа строения горных пород (цифрами указаны минеральный код и тип строения пород)

Пределы прочности при растяжении для большинства пород не превышают 20 МПа и составляют примерно  $(0,1-0,02) \sigma_{сж}$ . Наибольшая прочность при растяжении характерна для кварцитов и малопористых перекристаллизованных мелкозернистых мраморов.

Основные факторы, определяющие упругие свойства горных пород, – минеральный состав, строение пород и агрегатное состояние вещества.

Большое влияние на характер деформирования и показатели механических свойств оказывает наличие примесей, входящих в кристаллическую решетку.

У всех минералов, даже кристаллизующихся в кубической сингонии, резко выражена анизотропия показателей механических свойств, т. е. упругие, пластичные и прочностные показатели зависят от ориентации вырезанного для испытания образца в кристалле.



Анизотропия может проявляться не только в виде различия механических характеристик, но и в виде разного характера разрушения.

В общем случае горные породы не соответствуют модели упругого тела. Например, на вид зависимости напряжений от деформации влияет скорость нагружения. Поэтому следует помнить, что определение показателей упругих свойств горных пород не означает, что горные породы – идеально упругие тела, а преследует цель оценить проявление упругих свойств в более сложной модели тела при стандартных методах испытания.

Для минералов и некоторых горных пород зависимость нагрузки от перемещения при деформировании линейная, т.е. как бы выполняется закон Гука. Модуль упругости в этом случае можно определить по формуле

$$E_{\text{сжс}} = \frac{\Delta P \ell}{F \Delta \ell},$$

где  $\Delta \ell$  – изменение длины образца, соответствующее изменению нагрузки на величину  $\Delta P$ .

Далее приведены значения модуля Юнга ( $E \cdot 10^{-4}$  МПа) при одноосном сжатии различных пород:

кварциты 1,5–10, песчаники 3,3–7,8  
 граниты < 6,0, известняки 1,3–3,5  
 базальты < 9,7, мрамор 3,9–9,2  
 доломиты 2,1–16,5, глинистые сланцы 1,5–2,5.

Экспериментально установлено, что проявление упругих свойств горных пород зависит от ряда факторов. Например, между значениями модулей Юнга при растяжении  $E_p$ , изгибе  $E_u$  и сжатии  $E_{\text{сжс}}$  существует неравенство  $E_p < E_u < E_{\text{сжс}}$ . Модуль Юнга при изгибе в 1,1–1,3 раза больше, чем при растяжении, и составляет 0,25–0,35 от модуля Юнга при сжатии. Если основной породообразующий минерал, входящий в состав породы, имеет высокий модуль Юнга, то и порода имеет высокий модуль, но модуль Юнга породы всегда будет меньше модуля Юнга минерала. Это объясняется тем, что данный фактор главным образом зависит от сил взаимодействия в кристаллических решетках, которые в горных породах по местам контактов зерен значительно слабее, чем внутри зерен минералов. Поэтому модуль Юнга породы в целом не может превышать максимальный модуль минералов, слагающих данную породу.

При прочих одинаковых условиях повышение песчаности породы ведет к увеличению ее модуля Юнга. Последний у глинистых сланцев возрастает по мере увеличения их карбонатности. Значительно влияют на величину  $E$  состав и строение цементирующего вещества у обломочных горных пород. На модуль Юнга воздействуют также пористость, слоистость пород: с увеличением пористости он уменьшается. При прочих одинаковых условиях с повышением влажности пород  $E$  снижается.

В горных породах необратимые деформации появляются даже при незначительных по сравнению с разрушающими нагрузками, хотя при этом и не нарушается прямая пропорциональность между напряжениями и деформациями. Необратимые деформации в случае многократного деформирования становятся равными нулю, а модуль упругости пород возрастает.

Далее приведены коэффициенты Пуассона для различных пород:

гранит 0,26,  
 песчаники 0,30–0,35,  
 известняки 0,28–0,33,  
 каменная соль 0,44,  
 глинистые сланцы 0,10–0,20,  
 глины 0,35–0,45.

На коэффициент Пуассона влияют те же факторы, что на модуль Юнга: минеральный состав и строение, глубина залегания горных пород. Чем глубже залегает порода, чем плотнее она, древнее по возрасту, тем меньше для нее  $\mu$ .

О величине прочности горных пород при одноосном сжатии  $\sigma_{\text{сжс}}$  (МПа) можно судить по следующим данным:

известняк мраморизованный	60–120,
известняк пелитоморфный	80–130,
известняк облицовочный	130–220,
доломиты мелкокристаллические	240,
мергели алевритистые	130–170,
песчаники	30–80.

Из приведенных данных видно, что  $\sigma_{\text{сжс}}$  для одноименных пород колеблется в широких пределах. Вместе с тем прочность пород разного минералогического состава иногда одна и та же. Эти данные показывают, что на прочностные свойства горных пород воздействуют их минералогический состав и строение.

С точки зрения разрушения горных пород выгоднейшим видом деформирования является растяжение, поэтому во время конструирования породоразрушающих инструментов следует учитывать этот фактор.

Условие  $\sigma_{сж} > \sigma_p$ , а также зависимость прочностных и упругих характеристик от большого числа технических и природных факторов не позволяют использовать классические теории прочности для количественных решений задач физики горных пород.

Основные факторы, определяющие упругие свойства горных пород, – минеральный состав, строение пород и агрегатное состояние вещества.

Испытания горных пород в скважинах осуществить очень сложно, поэтому большое значение имеет изучение деформирования и разрушения горных пород в условиях, моделирующих их естественное залегание, вскрытие их скважиной и воздействие на них породоразрушающих инструментов.

Тепловой режим земной коры зависит в основном от теплопроводности минерального вещества.

Далее приведены средние значения теплопроводности некоторых порообразующих минералов  $\lambda_m$  и горных пород  $\lambda$  (см. таблицу).

Минерал	$\lambda_m$ , Вт/м x °C	Порода	$\lambda$ , Вт/м x °C	$\lambda_m / \lambda$
Кварц	8,1	Кварцит	3,6	2,25
Кальцит	3,7	Мрамор	2,0	1,85

Из таблицы видно, что теплопроводности минералов и горных пород резко отличаются, что обусловлено как наличием пор в горных породах, так и повышенным тепловым сопротивлением на границах зерен.

На теплопроводность горных пород влияют минеральный состав и такой текстурный признак, как слоистость. Теплопроводность вдоль слоистости  $\lambda_{//}$  всегда выше, чем поперек  $\lambda_{\perp}$ . Для практических расчетов принимают среднее значение теплопроводности:

$$\lambda = \frac{1}{2} (\lambda_{//} + \lambda_{\perp}).$$

Теплопроводность пористых пород зависит от свойств заполняющих их флюидов. Теплопроводность газов очень низка, поэтому  $\lambda$  сухих пористых пород всегда ниже  $\lambda$  плотных по-

род. Увлажнение пористых пород приводит к повышению их теплопроводности, но она не может достичь теплопроводности плотной породы, так как теплопроводность воды сравнительно низка.

Удельная теплоемкость горных пород изменяется от 380 до 2100 Дж/(кг · °C) и обычно выше удельной теплоемкости металлов. Удельная теплоемкость воды  $c \approx 2200$  Дж/(кг · °C), что значительно превышает удельную теплоемкость как минералов, так и горных пород. Поэтому теплоемкость пористых, насыщенных водой пород всегда больше удельной теплоемкости плотных пород.

Температура горных пород определяется двумя источниками: теплом, получаемым от Солнца, и тепловым потоком из недр Земли. Солнечное тепло проникает на глубину 8–30 м. Ниже этого температура горных пород зависит только от теплового потока из недр Земли. С увеличением глубины температура горных пород возрастает. На больших глубинах она может достигать значительных величин. Например, температуры в Прикаспийской впадине на глубине залегания 12–14 км могут составлять до 300 °C, на западном склоне Среднего Урала на глубине залегания 15 км – до 200 °C; в Азербайджане на глубине 8–10 км – до 400 °C, на Курильских островах на глубине 15 км – до 600 °C.

Любые горные породы с отрицательной температурой усложняют процессы добычи (бурения, выемки, транспортирования и т. д.).

Щелочные породы (сиениты, граносиениты) имеют самую низкую среднюю теплопроводность среди эффективных образований. Они выделяются также самыми низкими значениями средней теплоемкости (717 Дж/(кг K)). Теплоемкость максимальна у пород среднего (1136 Дж/(кг K)) и минимальна у пород основного (932 Дж/(кг K)) состава.

Эффузивные породы имеют меньшую теплопроводность и теплоемкость по сравнению с интрузивными породами той же основности, что связано со структурными особенностями вулканитов.

Метаморфические породы (кварциты, граниты, мраморы, роговики, кристаллические сланцы) имеют высокую теплопроводность, что связано с наличием у этих образований

плотных кристаллических структур с низкой пористостью и широким развитием метаморфических минералов андалузита.

Следует отметить, что все показатели теплофизических свойств существенно зависят от минерального состава, строения и температуры горных пород.

Из электрических свойств наибольшее значение в горном деле имеют удельное электрическое сопротивление, диэлектрическая проницаемость  $\epsilon$  и магнитная проницаемость  $\mu$ .

Удельные сопротивления газонасыщенных интрузивных и эффузивных пород разного состава различны за счет сопротивления породообразующих минералов. Так, граниты и кварцевые порфиры, содержащие наиболее плохо проводящие минералы – кварц и биотит, имеют более высокое сопротивление, чем габбро и базальты, состоящие из минералов с несколько меньшим сопротивлением (полевые шпаты, пироксены).

Горные породы, лишенные влаги, являются двухфазными системами, диэлектрические свойства которых наряду с частотой электрического поля определяются минеральным составом, количественным соотношением минералов с разной диэлектрической проницаемостью, текстурными и структурными особенностями породы, а также коэффициентом пористости.

Высокие значения диэлектрической проницаемости ( $\epsilon = 20 + 40$ ) при  $f = 10^2$  Гц среди изверженных горных пород наблюдаются у габбро, диабазов, базальтов, перидотитов в том случае, когда они содержат в значительном количестве рудный компонент, особенно в виде мелкодисперсной фракции, распределенной равномерно по всему объему породы.

Для ведения горных работ необходимо также знать горно-технологические свойства горных пород.

Бурение горных пород в процессе разработки месторождений полезных ископаемых осуществляют в первую очередь для создания сети взрывных скважин или шпуров. Буримость горных пород определяется совокупностью геологических и технико-технологических факторов и характеризует затраты времени и средств на разрушение пород при бурении скважин. С точки зрения бурения сква-

жин важнейшими геологическими характеристиками пород являются минералогический состав и строение пород.

Горные породы, окружающие скважину, находятся в сложном напряженном состоянии, обусловленном весом вышележащих пород и тектоническими процессами в данной геологической области. Совокупность этих напряжений называется горным давлением. Поры и трещины горных пород заполнены жидкостями или газами, которые также находятся под давлением, называемым пластовым. Эти давления существенно влияют на сопротивление горных пород разрушению породоразрушающим инструментом и на всю технологию бурения. Поэтому при изучении физических процессов в горных породах необходимо не только иметь их образцы или аналоги, но и моделировать всю совокупность давлений в породах и их изменение при вскрытии скважиной. Сложность такого моделирования объясняется большой глубиной скважины, чередованием горных пород (пластов) и их простираемостью.

Эффективность бурения взрывных скважин зависит от свойств пород. При бурении первых скважин необходимо получить уточненную информацию о свойствах пород.

Взрываемость горных пород – сопротивляемость пород разрушению при взрыве. Она зависит от свойств пород.

Твердость горных пород характеризует их поведение в случае сложного напряженного состояния и определяет сопротивляемость пород внедрению в них острого инструмента. Твердость пород указывает на их сопротивляемость разрушению при воздействии бурового инструмента и поэтому определяет производительность бурильных установок, потребность в армировании головок бура твердыми сплавами и т. д.

На основании фактических данных можно утверждать, что твердость плотных осадочных пород находится в прямой зависимости от твердости их породообразующих минералов. Твердость обломочных пород типа песчаников и алевролитов зависит в основном от состава и строения цементирующего вещества.

Твердость глины, глинистых известняков и известняков с увеличением степени карбонатности резко повышается, особенно при карбо-

натности породы 50 %. Это связано с тем, что по мере роста карбонатности пород увеличивается роль кристаллизационных связей между частицами и понижается значение коллоидных связей.

Абразивность горных пород обуславливает долговечность бурильного и породоразрушающего инструментов и, следовательно, оказывает большое влияние на технику и технологию бурения скважин.

Далее приведены данные об абразивности некоторых горных пород:

Порода	Твердость по штампу, МПа
Песчаник	2260
Доломит	1570
Известняк	1470
Мрамор	880

Как видно, для кристаллических горных пород влияние твердости по штампу и структуры на абразивность невелико. По-видимому, на абразивность этих пород главным образом воздействует наличие примесей твердых минералов (например, кремня, кварца и др.).

Основное влияние на абразивность горных пород оказывают их минералогический состав и строение. Исследования показали, что количественной характеристикой минералогического состава пород, отражающей ее абразивность, является микротвердость пороодообразующих минералов.

Установлено, что физические, а также технологические свойства горных пород зависят преимущественно от постоянных факторов (минеральный состав и строение).

Закономерная зависимость физических и технологических свойств от минерального состава и строения пород определяет общую корреляционную взаимосвязь между физическими и технологическими свойствами. Знание взаимосвязей между физическими и технологическими свойствами дает возможность рассчитать основные свойства различных пород без их экспериментального определения и облегчает получение информации о горной породе, которая позволяет восстановить режим работы для расчета и производительности существующего горного оборудования при проектировании горных предприятий и планировании их работы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ржевский В. В., Новик Г. Я. Основы физики горных пород. М.: Недра, 1984.
2. Спивак А. И., Попов А. Н. Разрушение горных пород при бурении скважин. М.: Недра, 1986.
3. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых: (справочник геофизика). М.: Недра, 1984.
4. Геология Азербайджана. Баку: Нафта Пресс, 2003. Т. VI. Полезные ископаемые.

## ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БОРТОВОГО СОДЕРЖАНИЯ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА В ПРОБАХ ДЛЯ ОКОНТУРИВАНИЯ РУДНОГО ТЕЛА

**Н. Н. ДЖАФАРОВ**, доктор геолого-минералогических наук, академик НИА РК и МИА ТОО «Асбестовое геологоразведочное предприятие», г. Житикара, Республика Казахстан

Асбесті руда заттарын аккумулятирлеу үшін шартты үшінші қалқан сұнамасындағы әр түрлі класты тесектің мөлшерін қайта есептеу үшін көшерменің коэффициентін анықтау байланысының мәселесі қарастырылды.

Рассмотрены проблемы, связанные с определением переводных коэффициентов для пересчета содержания различных классов крупности на условное третье сито в пробах для оконтуривания асбестовых рудных тел.

The problems connected with definition of translation factors for recalculation of the maintenance of various classes of largeness on conditional 3 sieve in samples for contourization asbestine ore ph. are considered.

Каждое месторождение имеет свои особенности и отличия, которые очень важно учитывать для достоверного подсчета запасов. Комплексная оценка полезных ископаемых в недрах требует при подсчете запасов наряду с основными учитывать все попутные компоненты, что в конечном счете повышает ценность месторождения. Оконтуривание рудных тел служит одной из составляющих подсчета запасов, и при этом очень важно учитывать не только геологические особенности оруденения, но и экономические аспекты. Одним из этих аспектов является величина бортового содержания – минимальное содержание ценного компонента по крайней пробе, включенной в рудный контур [1]. Бортовое содержание должно характеризовать совокупную ценность полезных компонентов в пробе, для чего в условиях предусматриваются специальные переводные коэффициенты содержания попутных компонентов в условные содержания основного полезного ископаемого. Эти коэффициенты играют немаловажную роль в геолого-экономической оценке месторождения, поскольку от них зависит включение в рудный контур тех или иных краевых проб, что, в свою очередь, определяет количество и качество запасов полезных ископаемых. Для некоторых видов полезных ископаемых при определении бортового содер-

жания учитываются также особые природные свойства, влияющие на их ценность. Например, для месторождений хризотил-асбеста очень важна длина волокна, поскольку ценность выпускаемой продукции напрямую связана с этим показателем. Поэтому при подсчете запасов в пробах учитывается не только общее содержание асбеста класса крупности + 0,5 мм, но и содержание волокна различных сит (классы крупности), которые определяются методом сухого рассева на контрольном аппарате, состоящем из набора четырех сит с разными размерами ячеек сеток [2].

Вопросы стоимостной оценки различных классов крупности волокна хризотил-асбеста были рассмотрены М. А. Беловым в 1985 г. [3] в связи с предстоящим переходом на методику определения содержания хризотил-асбеста в рудах по классам крупности (до этого времени содержание асбеста в рудах определялось по семи геологическим сортам). Им обоснована методическая схема расчета переводных коэффициентов, которые в итоге отражают соотношение стоимости тонны соответствующего сита к стоимости тонны четвертого сита. Поскольку каждое из сит отдельно как товар не продается, а составляет только часть той или другой марки товарного асбеста, условные цены на них были определены на основе кор-

реляционной зависимости цены марки товарного асбеста от содержания волокна основного сита. Для товарного асбеста марок 0, 1-й и 2-й групп основным является первое, для 3-й и 4-й групп – второе, а для 5-й и 6-й групп – третье сито. По переводным коэффициентам содержание асбеста в рудах должно пересчитываться на условное четвертое сито, и это означает, что бортовое содержание для подсчета необходимо было определить в четвертом условном сите.

При подсчете запасов Кiemбаевского (1988 г.) и Джетыгаринского (1992 г.) месторождений содержание второго, третьего и четвертого сит пересчитывалось не на условное четвертое сито, а на условное третье, и, естественно, бортовое содержание для подсчета запасов было установлено в условном третьем сите. Это объясняется тем, что четвертое сито не является основным при выпуске марок товарного асбеста, а лишь наполнителем.

На Кiemбаевском месторождении в 1988 г. на основании расчетов М. А. Белова переходные коэффициенты со второго и четвертого на третье условное сито были приняты 2,21 и 0,19 соответственно (для третьего сита коэффициент равен единице), а бортовое содержание асбеста в руде – 0,48 % условного третьего сита. На Джетыгаринском месторождении в 1992 г. при подсчете запасов до горизонта + 35 м Основной залежи переходные коэффициенты содержания второго и четвертого сит в пробах к третьему условному ситу по расчетам ВНИИпроект-асбеста приняты 2,2 и 0,2 соответственно, а величина бортового содержания волокна асбеста составила 0,45 % условного третьего сита. В процессе подготовки геологических материалов для разработки эксплуатационных кондиций Джетыгаринского месторождения в 1998 г. для подсчета запасов были использованы те же переводные коэффициенты с предварительным подтверждением величины коэффициентов расчетами по той же методике.

По нашему мнению, без детального изучения перераспределения фракционного состава волокна в товарном асбесте по сравнению с исходной рудой определение ценности воло-

на в недрах по переводным коэффициентам, отражающим взаимоотношения стоимостей различных классов крупности в товарном асбесте, невозможно и необходимо проведение специальных исследований [4].

Одной из особенностей производства хризотил-асбеста является то, что в процессе обогащения масса товарного асбеста увеличивается по сравнению с массой асбеста в исходной руде и это выражается в величине так называемого расчетного коэффициента, определяемого отношением суммарной массы асбеста в товаре и отходах обогащения (хвостов) к массе его в исходной руде [5]. При этом, если не учитывать содержание асбеста в отходах обогащения, масса товарного асбеста превышает количество асбеста, подсчитанного в недрах, в 1,5–1,7 раза. Это, с одной стороны, связано с тем, что в процессе обогащения при дроблении увеличивается степень распушки и происходит адсорбирование на волокне тонкодисперсной фракции – 0,075 мм, а с другой – волокно асбеста фракции – 0,5 мм, имеющееся в исходной руде, переходит в класс +0,5 мм [6]. Необходимо отметить, что в процессе обогащения выход фракционного состава по классам крупности в товарном асбесте изменяется по сравнению с фракционным составом волокна в исходной руде. По опыту работ при обогащении руд Джетыгаринского месторождения выход второго сита увеличивается в 3,5–4,5 раза, третьего – в 1,5–1,9 раза. Поскольку рост выхода классов крупности в готовой продукции происходит в основном за счет перехода волокна из более мелких классов крупности в более крупные, все четвертое сито, подсчитанное в исходной руде, после обогащения переходит в третье, а четвертое сито в товарном асбесте формируется за счет волокна класса менее 0,5 мм. Необходимо отметить, что изменение фракционного состава волокна в процессе обогащения зависит от ряда факторов: типа асбестоносности, вещественного состава руд, содержания асбеста класса крупности + 0,5 мм, в том числе второго и третьего сит в исходной руде, массовой доли свободного и скрытого асбеста и т. д. [6–8].

В 2005 г. при рассмотрении кондиций для подсчета запасов хризотил-асбеста Основной залежи Джетыгаринского месторождения ГКЗ

\* На Джетыгаринском и Кiemбаевском месторождениях из-за низкого количества содержание первого сита не определяется, а входит в состав второго сита.

РК рекомендовано выполнить специальные работы и подготовить методику определения величины переводных коэффициентов от содер-

жаний классов крупности хризотил-асбеста на третье условное сито в пробах для оконтуривания рудных тел.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Коган И. Д. Подсчет запасов и геолого-промышленная оценка рудных месторождений. М.: Недра, 1974. 304 с.
2. Международный стандарт. Асбест хризотилевый 3–6 групп. АО «Костанайские минералы». Технические условия ТУ 3900 РК 280 37006. АО 001. 2005.
3. Белов М. А. О промышленной оценке руд в связи с введением методики определения содержания хризотил-асбеста, единой для геологоразведочных работ и эксплуатации // Научные труды ВНИИпроектасбеста. 1985. С. 57–69.
4. Джафаров Н. Н. Определения ценности волокна хризотил-асбеста в недрах // Проблемы развития горнодобывающих отраслей промышленности и безопасности контролируемого использования хризотилового волокна и хризотилсодержащих материалов: Материалы Третьей Международной научно-практической конференции. Житикара, 2005. С. 115–117.
5. Кованова Л. И., Кожевникова В. А. Научно-техническое обеспечение для составления товарного баланса асбеста // Горно-геологический журнал. 2003. № 1. С. 18–22.
6. Кованова Л. И., Бузунова Т. А. Оптимизация шкалы классификации на основе характеристик раскрытия асбестовой руды Джетыгаринского месторождения // Горно-геологический журнал. 2004. № 2 (4). С. 35–39.
7. Кованова Л. И., Маркова О. Ю. Расход волокна II и III сит контрольного аппарата на выработку асбеста соответствующих групп в зависимости от природных типов руд Джетыгаринского месторождения // Горно-геологический журнал. 2003. № 2. С. 37–39.
8. Зырянов В. А., Свергунов П. В. Фракционный состав как природное свойство хризотил-асбеста // Горно-геологический журнал. 2004. № 2 (4). С. 26–31.

УДК 553.676

## ВЫМЫСЕЛ И РЕАЛЬНОСТЬ О ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТЕ

**К. К. ЖУСУПОВ**, председатель правления, кандидат технических наук, академик МАИН;  
**Т. М. АГУБАЕВ**, директор по качеству;  
**С. Е. ПУНЕНКОВ**, начальник Службы рудоподготовки  
АО «Костанайские минералы», г. Житикара, Республика Казахстан

Хризотил-асбесттің адам ағзасына тигезедін зияны туралы пікірлерді жоқа шығаратын факторлар келтірілген және асбесті өндіру кезінде жұмыс жағдайын жақсарту шаралары ұсыналған.

Приводятся факты, опровергающие мнения о вреде хризотил-асбеста на организм человека, и предлагаются меры по улучшению условий труда при производстве асбеста.

The facts denying opinions on harm of chrysotile -asbestos on an organism of the person and a measure on improvement of working conditions during manufacture of asbestos are mentioned.

Асбест (от греч. *asbestos*) – неугасимый, неразрушимый. Другое название асбеста, очень старое и романтическое – «горный лен». Смысл его в том, что асбест способен расщепляться на тончайшие длинные волокна толщиной до 0,5 мкм. Своеобразие минерала стало основой многих легенд, в одной из наиболее известных асбест называют «шерстью саламандры» – загадочной

ящерицы, живущей в огне. Самым широко распространенным (более 95 %) асбестом является хризотил-асбест, волокнистая разновидность хризотила – минерала группы серпентина, представляющий собой водный силикат магния, расщепляющийся на тончайшие эластичные волокна. Этот уникальный полезный минерал добывается и обогащается в Республике

Казахстан на Джетыгаринском месторождении АО «Костанайские минералы». Свойства джетыгаринского хризотил-асбеста очень хорошие: прочность на разрыв более 3000 МПа, температура плавления 1500 °С, коэффициент трения 0,8 ед., щелочестойкость, (рН 10,3) высокая, кислотостойкость слабая и т. д.

Ни один из известных минералов – заменителей асбеста не имеет всей гаммы полезных свойств, которыми обладает хризотил-асбест. Несгораемость хризотилового асбеста позволяет использовать его как материал для спецодежды пожарных и металлургов, защиты кабелей и помещений от огня, теплоизоляции муфельных печей и нагревательных приборов. Большая механическая прочность и высокий коэффициент трения позволяют использовать хризотил-асбест при изготовлении тормозных колодок, фрикционных накладок и ряда асбестоцементных изделий. Высокое электрическое сопротивление и огнестойкость обеспечивают применение хризотилового асбеста в качестве хорошего электроизоляционного материала, способного работать при высоких температурах. Устойчивость против загнивания, способность задерживать бактерии, вредные вещества и радиационное излучение широко используются в фильтрах, пищевой, атомной и фармацевтической промышленности. Высокая упругость, прочность, химическая стойкость, очень высокая адсорбционная способность применяются при изготовлении асбестоцементных изделий. Особая связующая способность, эластичность и прочность волокон дают возможность широко использовать хризотил-асбест в производстве асбестотехнических изделий при армировании пластмасс. Стабильность химического состава позволяет применять его при изготовлении гербовой бумаги и денежных знаков.

Срок службы изделий из хризотилового волокна намного превышает в тех же условиях долговечность изделий из металла. Например, асбестоцементные трубы в напорных трубопроводах работают без какой-либо защиты более 30 лет и экологически безвредны. Уже сейчас хризотил используется в тысячах изделиях, и тем не менее не прекращается интенсивный поиск новых направлений его применения.

Горно-обогатительный комбинат АО «Костанайские минералы» – высокомеханизированное предприятие по разработке месторождения хризотилового волокна в Республике Казахстан, оснащенное современным оборудованием большой мощности и имеющее высокий уровень автоматизации производственных процессов.

Главная цель предприятия – производить продукцию, конкурентоспособную на мировом рынке. Политика предприятия – удовлетворение ожиданий и требований заказчиков к качеству продукции и срокам поставки, обеспечение доверия партнеров к системе обеспечения качества, функционирующей в полном соответствии с ISO 9001:2000, ISO 14000, соблюдение санитарных правил при работе с асбестом по защите окружающей среды и здоровья работающих. Благодаря эффективной организации производства и пополнению оборотных средств удалось увеличить выпуск продукции. В результате применения передовых методов маркетинга значительно расширился круг потребителей казахстанского асбеста. Асбест «Костанайских минералов» пользуется устойчивым спросом в странах СНГ и дальнего зарубежья. Высокое качество продукции и надежность в деловых отношениях комбината «АО «Костанайские минералы» завоевали устойчивую репутацию в среде бизнеса, результатом заслуг предприятия является ряд международных наград в области корпоративного менеджмента и качества.

Осенью 2004 г. в Женеве на Роттердамской конвенции было принято решение о невключении хризотил-асбеста в список опасных химических веществ и пестицидов. Мировая общественность узнала, что имеются два вида этого минерала – амфиболовый и хризотил-асбест. Первый вреден для человека, практически не выводится из организма (период его полураспада 466 дней), а хризотил при определенных мерах предосторожности можно широко использовать в производстве (в кислотной среде период полураспада всего 14 дней). Словом, это два разных минерала по составу, свойствам и влиянию на живой организм, поэтому можно их применять, тот же хризотил безопасен в соединении с другими материала-



ми, но вреден, например, в виде противопожарного напыления зданий. США и страны ЕС, начавшие антиасбестовую кампанию, закупили амфибол (в Италии, Финляндии, Южной Африке) и порой применяли в чистом виде даже в жилищном строительстве. В бывшем Союзе, в том числе и в Казахстане, добываемый хризотил-асбест использовался в основном в соединении с цементом (шифер, трубы), и массовых заболеваний, а тем более смертельных исходов из-за влияния на человека хризотил-асбеста не было.

Международная организация труда (МОТ) на сессии в Женеве в 1986 г. запретила применение амфибола, а по хризотилу приняла конвенцию № 162 «Об охране труда при использовании асбеста», т. е. был разработан порядок контролируемого использования минерала при соблюдении условий безопасности труда. В разработке этих документов участвовали представители всех континентов, правительств, общественных организаций, сторонников и противников запрета. Тогда, казалось бы, проблема была исчерпана. Однако в 2005 г. Международная федерация профсоюзов строителей и деревообрабатывающей промышленности снова начала кампанию запрета. И снова «забывают» о том, что есть разные виды асбеста и различные формы его применения. Хотя позиция МОТ и другая, Европейская комиссия приняла директиву о запрете асбеста в странах ЕС. «Борцы за здоровье человечества» с помощью Роттердамской конвенции, которая регулирует торговлю в мире опасными химическими веществами, надеялись добиться запрета асбеста во всем мире в сентябре 2006 г. на очередной сессии МОТ.

Мировой общественностью признаны канцерогенными 11 производств (получение кокса, резины, технического углевода, чугуна, стали, никеля и т. д.), но об их запрете никто не ведет и речи. В случае же с хризотилом главную роль играет конкуренция, борьба за рынки тех стран, которые производят искусственные заменители, причем они дороже асбеста в 2–10 раз. Ведущие лаборатории Швейцарии, Германии и США доказали, что и искусственные волокна опасны для человека (керамические имеют период полураспада 60 дней, арамидные – 90, целлюлозные – 1000).

Стоимость 1 т целлюлозы (заменитель асбеста, искусственное волокно) в 5–10 раз выше таковой природного минерала. По химическому же составу керамическое волокно, целлюлоза значительно вреднее хризотил-асбеста. Предлагаемые в качестве альтернативы асбесту материалы на основе целлюлозы остаются в легких человека несоизмеримо дольше и наносят наибольший вред здоровью.

В природе встречаются более семи разновидностей асбеста, они отличаются по химическому составу и влиянию на организм человека. Хризотил-асбест производят всего шесть стран, в том числе Казахстан. Зимбабве, Китай, Бразилия и некоторые другие страны базируются на амфиболовом асбесте, он запрещен из-за опасности для здоровья. Запрет на него подтвердили Международная организация труда (МОТ), Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ).

Европейский союз, Чили и Австралия, наладившие выпуск искусственных волокон, заменителей асбеста, предлагают запретить все формы этого природного материала, включая хризотил.

Действие на организм человека и окружающую среду искусственных волокон мало изучено, а о хризотиле известно почти все. Контроль технологии производства, соблюдение санитарных условий и всех правил по охране окружающей среды дают возможность говорить о снижении до минимума опасности хризотила.

Третья статья конвенции №162 гласит, что и национальные законодательства должны стоять на страже здоровья работников в связи с воздействием асбеста. Иными словами, производство и переработка хризотила должны вестись под эгидой государства. Россия, где добывают этот минерал более 100 лет, свои законы привела в соответствие с Женевской конвенцией МОТ и в 2000 г. ратифицировала ее. В Казахстане, который производит асбест 40 лет, от подписания воздерживаются – до полного изучения воздействия волокон хризотила на человека.

Запрет или разрешение асбеста – вопрос жизни АО «Костанайские минералы» и перерабатывающих предприятий Казахстана, стран СНГ и даже дальнего зарубежья. Комбинат постоянно стремится создавать в сво-

их структурных подразделениях здоровые, безопасные условия труда. Совместно со специализированным казахстанским НИИ были изменены «Правила техники безопасности и производственной санитарии при добыче и переработке хризотил-асбестовых руд», они введены в действие в августе 2005 г. Совместно с работниками Костанайского филиала ОАО «НаЦЭКС» проведена аттестация производственной санитарной лаборатории, свидетельство об их оценке будет действовать три года.

С Национальным центром гигиены труда и профзаболеваний Министерства здравоохранения РК был заключен договор о проведении исследований условий труда и здоровья работников обогатительного комплекса (ОК), где трудится около тысячи человек, почти третья часть коллектива комбината. Здесь, собственно, и идет процесс обогащения руды до конечного результата. После выводов и рекомендаций Национального центра специальная комиссия провела аттестацию рабочих мест ОК.

Предварительно был составлен перечень объектов, где есть опасные и вредные факторы производства (загазованность, запыленность, вибрация). Аттестацией было охвачено 37 производственных участков: 31 участок отнесен к

числу допустимых, на 6 есть превышение ПДУ по шуму и предельно допустимой концентрации по запыленности. НЦ гигиены труда по содержанию пыли в воздухе рабочей зоны рекомендованы величины 4 мг/м<sup>3</sup> (максимально разовая и 2 мг/м<sup>3</sup> (среднесменная), но руководство комбината приняло 2 мг/м<sup>3</sup> и как максимально, и как среднесменно, чтобы стимулировать борьбу за уменьшение этого вредного воздействия.

Основными неблагоприятными факторами производства являются акустические колебания, перепады температуры (замеры проводились зимой), кое-где несоответствие температурного режима ПДН, недостаточная освещенность. Были составлены мероприятия по улучшению условий труда (на их выполнение затрачено 5 млн тенге). В результате 467 рабочих мест улучшены, из них 77 для женщин. Трудящиеся снабжены зимней спецодеждой, есть помещения для обогрева. В местах, где шум превышает уровень ПДН, оборудованы кабины наблюдений, а там, где концентрация пыли выше нормы, рабочие обеспечены средствами индивидуальной защиты. Составлен перечень профессий с вредными условиями труда для предоставления льгот (сокращенный рабочий день, дополнительный отпуск, бесплатное молоко и т. д.).

## ОБ ОСОБЕННОСТЯХ СЕРПЕНТИНИЗАЦИИ, АСБЕСТОНОСНОСТИ И ТИПИЗАЦИИ РУД КИЕМБАЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА

**В. А. ЗЫРЯНОВ**, кандидат геолого-минералогических наук,  
ОАО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт асбестовой промышленности»

г. Асбест, Российская Федерация

**Г. П. КРАСНОВ**, главный геолог управления ОАО «Оренбургские минералы»

г. Ясный, Российская Федерация

Геологиялық-технологиялық карталау негізінде құрамында каркынды рудаға дейінгі микроантигоритизациямен жоғары бруситизациялық асбесті жұмыстары бар серпентинделген ерекшеліктері баяндалған. Асбесті руданың өсімдік типі және хризотил-асбестің сапалы сипаттамасын геологиялық құрылымын есепке ала отырып бөлінген кен орнының табиғи руда типін анықтауға мүмкіндік береді.

На основе геолого-технологического картирования изложены особенности серпентинизации, заключающиеся в интенсивной дорудной микроантигоритизации и повышенной бруситизации асбестоносных пород, предопределивших своеобразный тип асбестоносности и качественную характеристику хризотил-асбеста. С учетом особенностей геологического строения месторождения выделены природные типы руд.

The features of serpentinization are stated on the basis of geological and technological mapping. These features are intensive microantigoritization (before mineralization) and increased brucitization of asbestos bearing rocks which predetermined the original asbestos bearing type and quality characteristics of chrysotile asbestos. With regard to the features of geological structure of the deposit, the natural types of ores are marked out.

Киембаевское месторождение, относящееся по классификации П. М. Татарина к баженовскому генетическому подтипу, характеризуется довольно специфическими чертами как серпентинизации пород, так и асбестоносности. В отличие от Баженовского месторождения здесь отсутствуют зоны простых и сложных отороченных жил и непосредственно к ядру примыкает сравнительно однородный сетчатый тип асбестоносности без существенных морфологических различий жил, их взаимного расположения и распределения по мощности. Отсутствует здесь и зона мелкопрожила в его классической форме проявления.

Наиболее значимыми являются колебания содержания хризотил-асбеста на различных участках залежей.

Вместе с тем петрографический состав исходных пород достаточно разнообразен. Наряду с преобладающими перидотитами в строении месторождения участвуют дуниты и широко распространенный шлирово-полосчатый ду-

нит-перидотитовый комплекс. Именно эти факторы определяют большие колебания общего содержания хризотил-асбеста в рудах и различную качественную характеристику волокна: хризотил-асбест с высокими физико-химическими свойствами связан с апоперидотитовыми серпентинитами, а с пониженными свойствами – с аподунитовыми и серпентинитами полосчатого комплекса.

Другой особенностью руд Киембаевского месторождения являются сильная антигоритизация и микроантигоритизация пород, достигающая на отдельных участках серпентинитов 70–75 %. При этом, как показывают микроскопические исследования, микроантигоритизация накладывается на хризотилизацию, предшествуя образованию хризотил-асбестового оруденения.

Еще одной существенной особенностью является повышенная, всепроникающая бруситизация. Брусит с немалитом отмечаются не только в аподунитовых, но и в апоперидотитовых

серпентинитах, в реликтовых блоках первичных пород и в жилах хризотил-асбеста, а также в виде самостоятельных прожилков и примазок на зеркалах скольжения. Таким образом, обращает на себя внимание повсеместный избыток магния, возникающий, вероятно, за счет дефицита кремния, обусловленного, на наш взгляд, широко развитой антигоритизацией. Именно процессы антигоритизации поглощают часть реакционноспособного кремнезема, на что указывают специфические черты химического состава антигорита – повышенное содержание в нем ионов кремния [1] и, как следствие, пониженная основность антигоритовых серпентинитов [2]. По-видимому, эти факторы оказали решающее влияние на развитие такой своеобразной асбестизации, заметно отличающейся от других месторождений баженовского подтипа.

Эксперименты по синтезу хризотил-асбеста показывают, что одним из условий асбестообразования является вполне определенное соотношение главных компонентов – соединений магния и кремния [3]. На Киембаевском месторождении асбестообразование осуществлялось как бы в условиях конкуренции с породообразующим серпентинообразованием. Кремний, связанный в дорудный этап с антигоритизацией, был частично потерян для асбестообразования, в результате чего при жильном образовании постоянно ощущался его дефицит, а избыток магния в не связанной с кремнекислотой форме кристаллизовался в виде брусита и немалита.

С позиции этого становится понятной различная асбестообразующая способность перидотитов и дунитов. При дефиците кремния наименее благоприятные условия для асбестизации будут именно в дунитах, где магний превалирует над кремнием. Вероятно, в тех случаях, когда при серпентинизации и асбестообразовании появлялась возможность внешнего подвода кремния [4], дуниты становились благоприятными для жильного асбестопоявления (заледи Грязновская и 8д на Баженовском месторождении, Шабани и Машаба в Южной Африке).

Однако все же, вероятно, из-за некоторого дефицита кремния, как показали исследования строения хризотил-асбестовых микропрожилков в шлифах, они отличаются от апоперидотитовых

как по строению и составу, так и по взаимосвязи с вмещающим их серпентинитами. В просечках жилок хризотил-асбеста из аподунитовых серпентинитов и вдоль волокнистости присутствуют немалит и брусит, жилки не всегда выдержаны по мощности, на отдельных участках контакты их с вмещающими породами неотчетливые; отмечаются случаи постепенного перехода жилок в породообразующий хризотил. Последнее, вероятно, в значительной мере может влиять на прочность сцепления жилок с породой, что затруднит извлечение волокна при обогащении [5].

Своеобразный тип асбестизации Киембаевского месторождения объясняется не только характером дорудного метаморфизма. Одним из важнейших факторов, влияющих на степень серпентинизации и особенно на асбестоносность, является тектоническая структура рудного поля.

Сложная история геологического развития района Киембаевского месторождения обусловила интенсивное тектоническое расслоение и будинаж гипербазитового массива, которые сопровождалась образованием многочисленных зон разломов и густой сети оперяющих трещин. Заложенные в дорудный этап развития месторождения зоны разломов в интарудный этап служили путями проникновения гидротермальных растворов. Густая сеть трещин, распространяющаяся вплоть до ядерной части залежи, обеспечила высокую проницаемость для гидротермов, вызвавших практически полную серпентинизацию пород. Первичные породы сохранились лишь в виде мелких ядер среди основной массы серпентинитов.

В целом петрографическая зональность серпентинитов по преобладающим разновидностям серпентинитов на Киембаевском месторождении аналогична другим месторождениям, но отмечаются некоторые отступления, вызванные составом исходного субстрата.

В приразломной интенсивно расланцованной и перемятой безрудной зоне разломов, где двигались нейтральные или слабокислые растворы, развивалась сплошная  $\beta$ -лизардитизация. В ее ходе, как известно [6–9], происходит преобладающий вынос оснований, соответственно повышается щелочность растворов во фронтальной части гидротермального процес-

са, вследствие чего  $\beta$ -лизардитизация постепенно сменяется хризотилизацией и последующей асбестизацией. Однако на Киембаевском месторождении эволюция минералообразования в ходе гидротермального процесса продолжилась, выразившись в смене породобразующей хризотилизации антигоритизацией и только после этого жильной хризотил-асбестизацией.

На других месторождениях баженовского генетического подтипа (Баженовском, Джетыгаринском, Актотракском)  $\beta$ -лизардитизация распространяется вглубь залежей, охватывая массивные серпентиниты, в которых развиваются зоны просечек и мелкопрожила. В отличие от них на Киембаевском месторождении зона расланцованных  $\beta$ -лизардитовых серпентинитов непосредственно сменяется антигорит-хризотил-овыми и хризотил-антигоритовыми серпентинитами с мелкосетчатым типом асбестизации, минуя зоны просечек и мелкопрожила, которые на всех месторождениях локализуются исключительно в  $\beta$ -лизардитовых серпентинитах.

Отсутствие этой зоны связано, по-видимому, с очень быстрым повышением щелочности растворов, пронизывающих породы полосчатого комплекса, о чем свидетельствует повсеместно развитая бруситизация серпентинитов.

Для образования зоны отороченных жил, содержащей на других месторождениях самые мощные жилы хризотил-асбеста, требуется, как показывает опыт исследования, более редкая сеть трещин, в ячейках которой сохраняются блоки первичных пород. Это обусловлено тем, что оливинсодержащие породы (серпентинизированные перидотиты) являются более благоприятной средой для жилообразования, поскольку оливин разлагается легче серпентина [10] и растворы больше и быстрее насыщаются основными хризотил-асбестовыми компонентами.

С другой стороны, редкая сеть трещин при допущении, что материнские породы способны выделить вполне определенное количество асбестообразующего материала, обеспечит больший приток вещества в трещину, что будет способствовать росту мощных жил.

На Киембаевском месторождении блоки первичных пород сохранились лишь в приядерной части залежи. При этом они также

разбиты густой сетью трещин с асбестоносностью, больше напоминающей по текстурному рисунку крупную сетку (серпентиниты с ядрами перидотитов и дунитов), а на отдельных участках – тип отороченных жил (перидотиты и дуниты с полосами серпентинитов). Однако в отличие от баженовских называть их отороченными жилами нет оснований: мощность жил хризотил-асбеста редко превышает 10–15 мм, а мощность серпентинитовых оторочек около жил 3–5 см.

Отсутствие зоны отороченных жил объясняется, по-видимому, не столько густой сетью трещин, сколько особенностями серпентинизации, в частности, развитием интенсивной антигоритизации (микроантигоритизации) между стадиями породобразующей хризотилизации и хризотил-асбестизации.

Отмеченные особенности геологического строения обусловили иной подход к классификации руд. В основу классификации положены не типы асбестоносности, которые на других месторождениях оказывают решающее влияние на технологические показатели обогащения, а генетический тип исходных пород, степень и типы их серпентинизации и структурно-текстурные особенности руд (см. таблицу).

Из таблицы видно, что все природные типы руд различаются между собой не только по минералого-петрографическому составу и характерным внешним признакам, по которым их можно легко распознать как в процессе эксплуатационной разведки, так и при добыче руды в забоях и подаче ее на фабрику, но и по технологическим свойствам (показателю обогатимости).

Лучшая обогатимость свойственна апоперидотитовым рудам (1–4 типы), худшая – аподунитовым; руды полосчатого комплекса (6–9 типы) занимают по обогатимости промежуточное положение. При этом с увеличением количества ядер в апоперидотитовых рудах от серпентинитовых к перидотит-серпентинитовым и далее к серпентинит-перидотитовым показатель обогатимости заметно увеличивается (ухудшается обогатимость).

Аналогичная картина наблюдается и в рудах полосчатого комплекса: с увеличением аподунитовых разностей в составе серпентинитовых руд в направлении от 6-го природного типа к 7-му

### Природные типы руд Киембаевского месторождения

Типы руд		Минеральный состав	Соотношение руд, %	Показатель обогатимости, (P <sub>об</sub> ), %
по составу исходных пород	по степени серпентинизации и структурно-текстурным особенностям			
А. Апоперидотитовые	1. Серпентинитовые	Антигорит-хризотилловые, хризотил-антигоритовые, существенно антигоритовые	34,0	39,3
	2. Серпентинитовые в различной степени расщепленности	Лизардитовые, хризотил-лизардитовые, хризотил-антигорит-лизардитовые	11,0	58,8
	3. Перидотит-серпентинитовые (перидотитов менее 50 %)	Серпентиниты антигорит-хризотилловые, хризотил-антигоритовые, антигоритовые. Перидотиты – α-лизардитизированные, антигоритизированные. С.с. 35–50 %	20,3	54,3
	4. Серпентинит-перидотитовые (перидотитов более 50 %)	Серпентиниты антигорит-хризотилловые, хризотил-антигоритовые. Перидотиты – α-лизардитизированные, антигоритизированные. С.с. 35–50 %	13,2	64,8
Б. Аподунитовые	5. Аподунитовые серпентиниты, дунит-серпентинитовые	Антигорит-хризотилловые, хризотилловые, лизардит-хризотилловые. Дуниты – α-лизардитизированные, антигоритизированные, β-лизардитизированные. С.с. 70–80 %	0,4	83,4
	6. Серпентинитовые по полочатому комплексу (аподунитовых разностей менее 50 %)	Апоперидотитовые – антигорит-хризотилловые, хризотил-антигоритовые, антигоритовые. Аподунитовые – существенно хризотилловые	6,6	58,8
В. Руды полочатого комплекса	7. Серпентинитовые по полочатому комплексу (аподунитовых разностей более 50 %)	Аподунитовые серпентиниты – существенно хризотилловые и антигорит-хризотилловые. Апоперидотитовые – антигорит-хризотилловые, хризотил-антигоритовые	2,2	75,7
	8. Руды полочатого комплекса с яд-рами перидотитов и дунитов (дунит-перидотит-серпентинитовые и дунит-серпентинит-перидотитовые)	Серпентиниты апоперидотитовые и аподунитовые. Дуниты сильно серпентинизированные – α-лизардитизированные, антигоритизированные, β-лизардитизированные. Перидотиты α-лизардитизированные, антигоритизированные. С.с. 30–70 %	7,0	69,8
	9. Расщепленные серпентинитовые руды полочатого комплекса	Аподунитовые серпентиниты – хризотилловые и лизардит-хризотилловые. Апоперидотитовые серпентиниты – лизардитовые, хризотил-лизардитовые, антигорит-хризотил-лизардитовые	5,3	76,5

Примечания: 1. Тип асбестонности – сетчатый. 2. 1. С.с. – степень серпентинизации; 2.  $P_{об} = \frac{Q_{в.пр}}{Q_{в.общ}} \cdot 100\%$ , где  $Q_{в.пр}$  – масса трудноизвлекаемого волокна, выделенного анализом в операциях 19 и 20 схемы единой методики определения содержания асбеста в пробе, г;  $Q_{в.общ}$  – масса общего волокна, выделенного из пробы, г.

показатель обогатимости возрастает с 58,8 до 75,7 %.

Таким образом, приведенные фактические данные свидетельствуют о правомерности предложенной типизации руд, определяющими факторами которой являются генетические призна-

ки: состав исходных пород, степень и типы их серпентинизации и структурно-текстурные особенности. Эти природные свойства руд в значительной мере влияют на технико-экономические показатели работы асбестообогатительной фабрики.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дир У. А., Хауи Р. А., Зусман Дж. Серпентины // Породообразующие минералы. М.: Мир, 1966. Т. 3. С. 198-223.
2. Варлаков А. С. Система петрохимических пересчетов химических анализов ультраосновных пород // Щелочные, основные и ультраосновные комплексы Урала. Свердловск, 1976. С. 105-115.
3. Блудов Б. Ф., Везенцев А. И. Фазообразование в системе  $MgO - SiO_2 - H_2O$  при различной стехиометрии реагирующих компонентов // Сборник трудов Белгородского технол. института строит. материалов. 1976. Вып. 23, т. 5. С. 120-125.
4. Лодочников В. Н. Кремнезем в связи с серпентинитами. Случаи несомненного или почти несомненного привноса кремнезема // Серпентины и серпентиниты ильчирские и другие и петрологические вопросы, с ними связанные. М.; Л., 1936. С. 192-197.
5. Геолого-технологическое картирование руд глубоких горизонтов Киембаевского месторождения: Пояснительная записка к геолого-технологическим планам. Инв. № 4551. / НИИпроектасбест, (руковод. В. А. Зырянов). Асбест, 2006. 57 с.
6. Золоев К. К., Судиловский Г. Н. Количественные изменения вещества при серпентинизации перидотитов // Докл. АН СССР. 1967. Т. 177, № 5. С. 1182-1185.
7. Артемов В. Р., Кузнецова В. Н. Киембаевское месторождение хризотил-асбеста. М.: Недра, 1979. 239 с.
8. Зырянов В. А. Стадийность, направленность и баланс вещества при процессах серпентинизации и асбестообразования на Баженовском месторождении // Добыча и обогащение асбестовых руд. Асбест, 1979. С. 29-39.
9. Варлаков А. С. Петрология процессов серпентинизации гипербазитов складчатых областей. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. 224 с.
10. Корыткова Э. Н., Макарова Т. А. Экспериментальное изучение процесса гидротермального изменения оливина в связи с вопросами образования асбестов // Геохимия. 1972. № 11. С. 1416-1420.

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УСРЕДНЕНИЯ АСБЕСТОВЫХ РУД НА ОБОГАТИТЕЛЬНОМ ПЕРЕДЕЛЕ

**К. К. ЖУСУПОВ**, председатель правления, кандидат технических наук  
АО «Костанайские минералы», г. Житикара, Республика Казахстан

**А. К. КОБЖАСОВ**, профессор, доктор технических наук  
Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева  
г. Алматы, Республика Казахстан

**Д. К. АБДРАХМАНОВА**, профессор, кандидат технических наук  
Рудненский индустриальный институт, г. Рудный, Республика Казахстан

**Т. М. АГУБАЕВ**, директор по качеству;

**С. Е. ПУНЕНКОВ**, начальник Службы рудоподготовки  
АО «Костанайские минералы», г. Житикара, Республика Казахстан

Байыту ердісіне катыстырылған бастапқы руданың тербелу сапасы дәріжесін төмендету нәтижесі арқылы байыту кешені жұмысының экономикалық тиымділігі қарастырылған.

Рассматривается экономическая эффективность работы обогатительного комплекса в результате снижения уровня колебаний качества исходной руды, вовлекаемой в процесс обогащения.

In clause economic efficiency of work of a concentrating complex as a result of decrease in a level of fluctuations of quality of initial ore involved in process of enrichment is considered.

Добыча асбестовых руд осуществляется на Джетыгаринском месторождении хризотил-асбеста. Разрабатывается самая крупная залежь – Основная. Залежь по насыщенности руд хризотил-асбеста и по обогатимости разделена на три участка: северный, центральный и южный.

В зависимости от морфологии жилок асбеста и длины волокна на месторождении выделены шесть типов асбестоносности, а с учетом петрографического состава вмещающих пород – восемь типов руд, которые объединены в три группы обогатимости [1].

С ростом добычи на АО «Костанайские минералы» качество асбестовых руд ухудшилось. Это привело к вовлечению в сферу производства бедных и труднообогатимых руд, создало ряд трудностей при ведении технологического процесса на обогатительном комплексе и тем са-

мым новые технологические и экономические проблемы их переработки [2].

Динамика изменения качества добываемых и обогащаемых асбестовых руд показывает, что содержание в них асбеста класса крупности +0,5 мм и его фракционного состава (классы крупности +4,8 мм и -4,8 мм +1,35 мм) систематически снижается. Положение усугубляется тем, что наряду с обеднением асбестовых руд прослеживается качественное ухудшение их технологических характеристик при обогащении – это относится к труднообогатимым рудам. Участки разрабатываемого месторождения имеют неравномерный минеральный состав, и с технологической точки зрения каждый участок является, по сути, отдельным месторождением, поэтому требует индивидуального подхода при обогащении. Применение массовых методов добычи, нарушающих или исключаящих возмож-



ность селективной выемки и достаточного усреднения руд на усреднительных складах, как внутрикарьерных, так и на обогатительном переделе, приводит к резкому увеличению неоднородности обогащаемого сырья и смешиванию технологически несовместимых типов сырья, что осложняет процесс обогащения. Вследствие этого возрастают потери асбеста в отходах, ухудшается качество, уменьшается ассортимент, снижается выход товарной продукции, увеличивается материалоемкость добычи и обогащения хризотил-асбеста [3, 4].

Добыча и обогащение руд хризотил-асбеста остаются производством с высокой материалоемкостью. В 2003–2005 гг. на АО «Костанайские минералы» доля затрат в себестоимости превышала 50 %. Наибольший удельный вес в себестоимости занимала статья «сырье и материалы». Доля топливно-энергетических ресурсов в себестоимости достигала 19–20 %, в том числе топливо 9–10 %, электроэнергия 10 %. Расходы денежных средств предприятия составляют: зарплата работникам комбината, покупка сырья и материалов, оплата топливно-энергетических ресурсов, расчет с бюджетом и внебюджетными фондами, капитальное строительство и техническое перевооружение.

Основным из направлений деятельности предприятия является снижение себестоимости производства асбеста 3–6 групп.

По проведенным нами в 2005 г. исследованиям на АО «Костанайские минералы» установлено, что фактически обогащались руды с раз-

личным общим содержанием и еще более неодинаковым содержанием ситового состава асбеста, которое принято характеризовать остатком волокна на втором и третьем ситах контрольного аппарата. В обогащение ежемесячно, ежедневно в течение месяца и года подавались руды с большими колебаниями по качеству, что нарушало стабильную работу и ухудшало технико-экономические показатели обогатительного комплекса.

Выход из сложившегося положения предлагается через четко функционирующую технико-организационную систему управления качеством обогащаемых руд. Применяя технологию усреднения качества асбестовых руд на обогатительном переделе, т.е. смешивая разнокачественные рудопотоки и регулируя режим выпуска руды из определенных воронок, отличающихся по качеству в складе сухой руды [5, 6], можно достичь стабилизации и улучшения качества за определенный промежуток времени (рис. 1).

Применение предлагаемого метода по усреднению руд на обогатительном переделе повышает качественную характеристику исходного сырья на выходе из склада сухой руды (рис. 2).

Например, содержание волокна второго сита контрольного аппарата возрастает в 2–3 раза, степень распуши – в 1,5 раза, извлечение при обогащении такой руды – на 1,5–4,9 %.

В ходе исследований установлено, что коэффициент усреднения достигает 1,7–2 на выходе руды из склада сухой руды после усреднения ее по общему содержанию и фракционному соста-

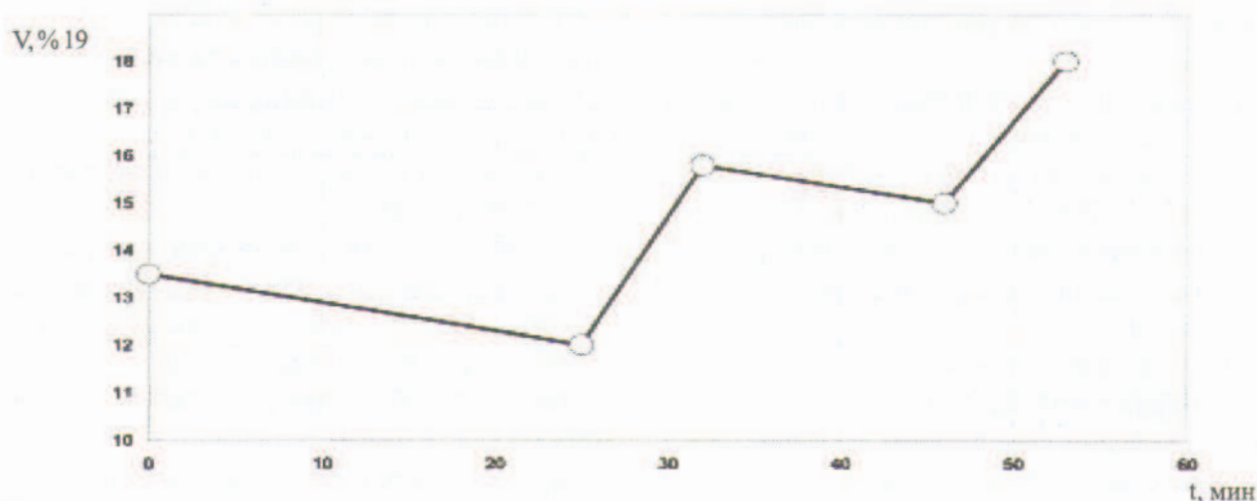


Рис. 1. Время сдвига выпуска воронок. V – объем руды, выпускаемой с определенных воронок; t – время выпуска руды с определенных воронок

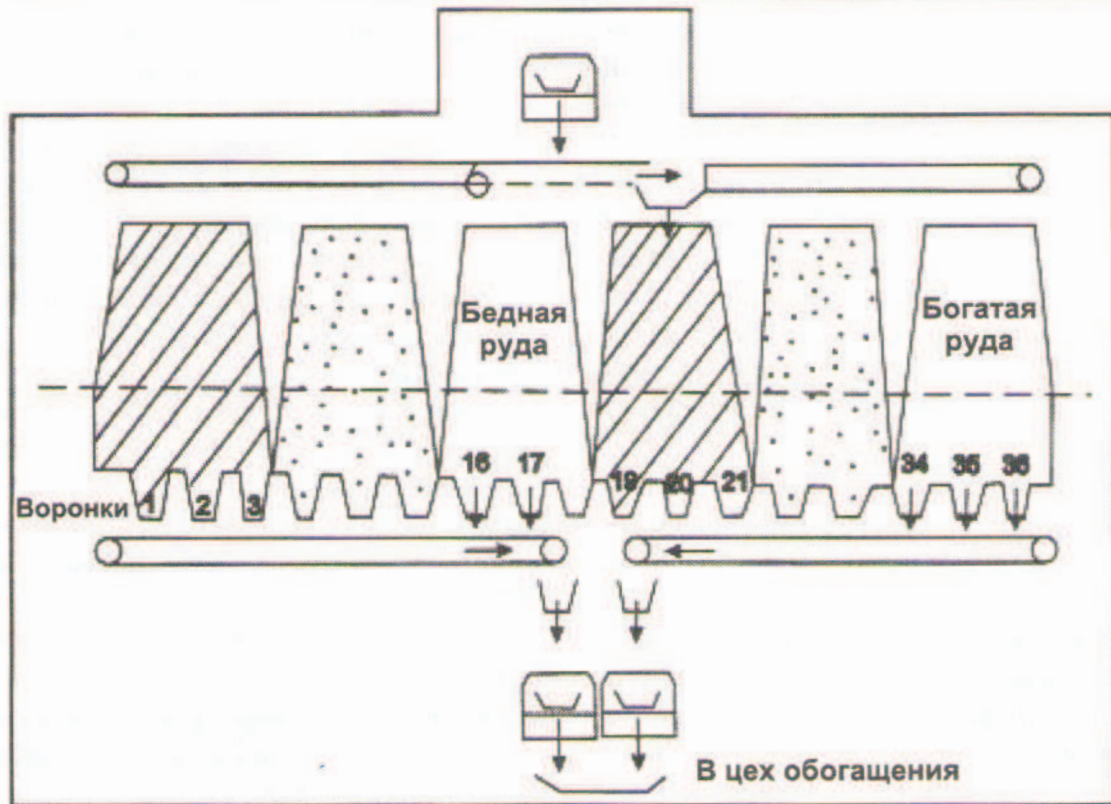


Рис. 2. Схема усреднения руд на обогатительном переделе (склад сухой руды)

ву асбестового волокна. Несмотря на усреднение, коэффициент вариации качества руды после склада остается достаточно высоким, что объясняется явлением сегрегации при формировании штабеля руды [7].

Результаты эксперимента показывают, что коэффициенты вариации по содержанию асбеста снижаются в случае выпуска руды из двух-четырёхрядного пуска со смежных воронок центральной и периферийной частей склада, коэффициент вариации колеблется от 12 до 17 %.

Одновременный выпуск руды из двух штабелей с разных участков и зон складирования, отличных по качеству, на два конвейера и дальнейшее объединение их в один поток уменьшают колебания качества. Это происходит за счет естественного сдвига во времени выпуска воронок на каждый из конвейеров.

Применение современных эффективных методов планирования и прогнозирования основных технико-экономических показателей при управлении качеством вовлекаемых в процесс обогащения асбестовых руд позволяет оперативно влиять на работу и повышать технико-

экономические показатели обогатительного комплекса [8].

В результате исследовательской работы по управлению качеством обогащаемых асбестовых руд на обогатительном переделе выявлено, что внедрение в производство указанных мероприятий по усреднению качественных характеристик исходного сырья перед обогащением позволяет расширить ассортимент и увеличить объем выпуска товарного асбеста 3–6 групп в год на 17 000 т, или на 40 774 2000 тенге. Результатами прироста товарной продукции стали доизвлечение асбестового волокна, снижение потерь асбеста в отходы, улучшение и стабилизация качества исходного сырья для обогащения.

В табл. 1 приведены результаты расчетов по обогащению продукта до и после усреднения его качественных характеристик (по общему содержанию асбеста, его фракционному составу, типу обогатимости, гранулометрическому составу и влаге).

В целях определения рентабельности использования усреднительной технологии по повышению и стабилизации качества исходной

Таблица 1. Выпуск объема товарной продукции по обогатительному комплексу за год до усреднения и после усреднения качества подаваемой на обогащение руды

Товарная продукция – сортовой асбест (марка, группа)	До усреднения руды на обогатительном переделе, т	После усреднения руды на обогатительном переделе, т
А 3–60	–	3 260
А 3–50	2 087	765
3 группа	2 087	4 025
А 4–30	8 223	15 496
А 4–20	8 492	8 452
А 4–10	17 30	2 818
А 4–5	768	1 409
4 группа	19 213	28 175
А 5–65	15 183	25 013
А 5–50	125 397	147 487
5 группа	140 580	172 500
А 6–45	30 570	23 883
А 6–40	14 416	1 088
А 6–30	6 134	329
6 группа	51 120	25 300
Всего 3–6 групп асбеста	213 000	230 000

руды, вовлекаемой в процесс обогащения на обогатительном переделе, в частности в складе сухой руды, проведены экономические расчеты по оценке себестоимости товарной продукции (асбеста 3–6 групп) до и после усреднения качества руд, перерабатываемых цехом обогащения (табл. 2). В основу расчетов положены затраты по отдельным статьям, заимствованные из опыта работы действующего обогатительного комплекса АО «Костанайские минералы».

Для выявления фактической себестоимости продукции, а также обеспечения контроля затрат и доведения их до минимально необходимых расходов проводился анализ с учетом затрат на производство товарной продукции до и после усреднения обогащаемых асбестовых руд.

Экономическое обоснование планирования, учета и калькуляция себестоимости продукции выполнено на основе системы технико-экономических норм и нормативов материальных, трудовых и денежных затрат [9].

В табл. 2 дан анализ затрат, связанных с использованием в процессе производства основных фондов, сырья, материалов, топлива и энергии, труда, а также других затрат на производство продукции.

При определении себестоимости учитывались все технико-экономические факторы, разница переменных, прямо пропорциональных объему производства расходов.

Расчеты, приведенные, в табл. 2, показали, что себестоимость производства асбеста 3–6 групп, полученных после усреднения качества руды на обогатительном переделе, ниже себестоимости производства асбеста 3–6 групп, полученных до усреднения. Как видно из табл. 2, уменьшение себестоимости выпуска 1 т асбеста 3–6 групп после усреднения качества перерабатываемых руд произошло в результате увеличения ассортимента и объемов товарного асбеста 3–6 групп при сохранении условно-постоянных расходов.

Годовой прирост прибыли от производства товарного асбеста 3–6 групп после усреднения на обогатительном переделе качества асбестовых руд составит

$$\Delta \Pi = (\Pi - C) \cdot A - (\Pi_1 - C_1) \cdot A_1 = (18\,003 - 13\,003) \cdot 230\,000 - (17\,525 - 13\,880) \cdot 213\,000 = 373\,615\,000 \text{ тенге}, \quad (1)$$

где  $\Delta \Pi$  – годовой прирост прибыли, тенге;  $\Pi$  и  $C$  – оптовая цена (без налога с оборота) и себестоимость производства 1 т асбеста 3–6 групп

Таблица 2. Анализ себестоимости товарной продукции (асбеста 3–6 групп) до и после усреднения качества руды на обогатительном переделе

Показатели	До усреднения, тыс. тенге	После усреднения, тыс. тенге
Сырье и материалы, всего	478 404	497 263
Основные материалы, всего	120 363	130 503
Вспомогательные материалы, всего	358 041	366 760
Электроэнергия	190 119	205 293
Топливо, всего	46 395	46 701
Заработная плата	244 467	244 467
Социальный налог	41 804	41 804
Фонд соцстрахования	3 300	3 300
Амортизация	72 230	72 230
Покупные, всего	18 174	18 174
Прочие денежные расходы	12 799	12 799
Экологические платежи	38 590	38 590
Налог на воду	56	56
Прямые затраты	1 146 338	1 180 677
Услуги принятые	1 810 063	1 810 063
Итого услуг	1 810 063	1 810 063
Итого затрат	2 956 401	2 990 740
Прирост или уменьшение остатков незавершенного производства	-16 27	-16127
Производственная себестоимость	2 972 528	3 006 867
Услуги переданные		
Итого затрат	2 972 528	3 006 867
Затраты на 1 т асбеста 3–6 групп	13,880	13,003

после усреднения качества асбестовых руд перед процессом обогащения в планируемый год, тенге;  $C_1$  и  $C_2$  – оптовая цена (без налога с оборота) и себестоимость производства 1 т асбеста 3–6 групп до усреднения качества асбестовых руд перед процессом обогащения в планируемый год, тенге;  $A$ ,  $A_1$  – годовой объем производства товарного асбеста 3–6 групп после и до усреднения качества асбестовых на обогатительном переделе, тенге.

Годовое снижение себестоимости товарного асбеста 3–6 групп от внедрения технологии усреднения качества асбестовых руд, подаваемых в обогатительный процесс, составляет 201 710 тыс. тенге.

$$\Delta C + (C_1 - C) \cdot A = (13\,880 - 13\,003) \cdot 230\,000 = 201\,710\,000 \text{ тенге}, \quad (2)$$

где  $\Delta C$  – годовое снижение себестоимости по выпуску товарного асбеста 3–6 групп, тенге.

Определим приведенные затраты до и после усреднения качества подаваемой руды в цех обогащения:

$$Z = C + E_n \cdot K_y, \quad (3)$$

$$Z_1 = C_1 + E_{n1} \cdot K_{y1}, \quad (4)$$

для чего найдем удельные капитальные вложения в производственные фонды до и после усреднения руды:

$$K_{y1} = \frac{K_1}{Q_{3-6}}, \quad (5)$$

$$K_y = \frac{K}{Q_{3-6}}, \quad (6)$$

где  $Z$  и  $Z_1$  – приведенные затраты на выработку 1 т товарного асбеста 3–6 групп до и после ус-

реднения руд на обогатительном переделе, тенге;  $K$  и  $K_1$  – капитальные вложения на производство товарного асбеста 3–6 групп до и после усреднения руд на обогатительном комплексе, тенге;  $K_y$  и  $K_{y1}$  – удельные капитальные вложения на производство товарного асбеста 3–6 групп до и после усреднения руд на обогатительном комплексе, связаны с повышением их качества, тенге (19 637 000 тенге – из утвержденного плана на 2006 г. для обогатительного комплекса АО «Костанайские минералы»);  $Q'_{3-6}$  и  $Q_{3-6}$  – выработка товарного асбеста 3–6 групп до и после внедрения технологии усреднения руд на обогатительном переделе, т;  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, равный 0,15.

#### Пример.

$$Z_1 = 13\,880 + 0,15 \cdot 92,19 = 13\,893,83 \text{ тенге,}$$
$$Z = 13\,003 + 0,15 \cdot 85,38 = 13\,015,81 \text{ тенге,}$$

$$K_{y1} = \frac{19637000}{213000} = 92,19,$$

$$K_y = \frac{19637000}{230000} = 85,38.$$

Экономический эффект от внедрения технологии усреднения на обогатительном переделе  $\Delta = (Z - Z_1) \cdot A - (Z_1 - Z) \cdot A_1 = (18\,003 - 13\,015,81) \cdot 230\,000 - (17\,525 - 13\,893,93) \cdot 213\,000 = 373\,635\,790$  тенге. (7)

Итак, годовой экономический эффект от внедрения технологий усреднения руд на обогатительном переделе перед процессом обогащения составит 373 635 790 тенге.

В результате внедрения технологии усреднения качества асбестовых руд, т.е. повышения содержания асбестового волокна класса крупности +4,8 мм, –4,8 +1,35 мм, и других свойств руды на обогатительном переделе экономический эффект составит 373 635 790 тенге. Кроме того, дополнительно появится возможность улучшить марочность и увеличить дополнительно объем товарного асбеста на 17 000 т, что в денежном выражении составит 407 742 000 тенге; получить стабильные показатели для эффективной работы обогатительного комплекса без существенного увеличения затрат; снизить себестоимость выпуска 1 т асбеста 3–6 групп на 6,3 %, повысить ее конкурентоспособность на мировом рынке и тем самым расширить рынок сбыта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Жусупов К. К., Абдрахманова Д. К., Агубаев Т. М., Пуненков С. Е. Управление качеством асбестовых руд, подаваемых на обогатительный комплекс // Проблемы развития горнодобывающих отраслей промышленности и безопасности контролируемого использования хризотилового волокна и хризотилсодержащих материалов: Материалы 3-й Международной научно-практической конференции. Житикара, 2005. С. 200–208.
2. Абдрахманова Д. К., Пуненков С. Е., Абдрахманова Д. Х. Усреднения руд на обогатительном переделе // Горно-геол. журн. 2004. №2 (4). С. 32–34.
3. Смирнова Л. Я. Разработка технологии получения асбеста стабильного и однородного качества с целью экономического расхода сырья // Отчет НИР ВНИИпроектасбеста. Асбест, 1972.
4. Жусупов К. К., Агубаев Т. М., Пуненков С. Е., Абдрахманова Д. К. Технология регулирования качества асбестовых руд на обогатительном переделе // Горный журнал Казахстана. 2005. №8.
5. Белов М. А. Эффективность и способы усреднения асбестовых руд // Научные труды ВНИИпроектасбеста. 1962. Вып. 2.
6. Бастан П. П., Волошин Н. Н. Усреднение руд на горно-обогатительных предприятиях. М.: Недра, 1984.
7. Цеховой А. Ф. Обоснование параметров рудоусреднительного склада сухой руды на комбинате «Костанайасбест». Технический отчет. Алма-Ата, 1975. Вып. 16.
8. Ревнивцев В. И., Азбель Е. И., Баранов Е. Г. и др. Подготовка минерального сырья к обогащению и переработке/ Под ред. В.И. Ревнивцева. М.: Недра, 1987.
9. Методика определения экономической эффективности на асбестовых предприятиях. М.: Экономика, 1977.

## ПРОДОЛЬНО-ВОЛОКНИСТЫЙ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТ – НЕТРАДИЦИОННЫЙ ВИД АСБЕСТОВОГО СЫРЬЯ

**О. Б. БЕЙСЕЕВ**, доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик АЕН РК;  
**А. О. БЕЙСЕЕВ**, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник;  
**Г. С. ШАКИРОВА**, научный сотрудник  
 Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева  
 г. Алматы, Республика Казахстан

Мақалада асбесттер тобының бейдәстүрлі түрі – бойлай ұзын талшықты хризотил-асбестің типоморфтық ерекшеліктері, жаратылу жағдайлары, сонымен бірге кенорындарын ілеспе минералдар парагенезистерінің негізінде жүйелеу, композициялық био- және экокөрғауыш бұйымдар жасауға пайдалану болашағы баяндалады.

Описываются условия проявления, типоморфные особенности нетрадиционного продольно-волокнистого вида группы асбестов, предлагается систематика их месторождений на основе кларков и парагенезиса сопутствующих минералов, пути использования в производстве композиционных био- и экозащитных материалов.

Conditions of display, tipomorfism features, a nonconventional longitudinal - fibrous kind of group of asbestos are described, systematization of their deposits on a basis Clark and paragenesis accompanying minerals is offered, to a way of use to manufacture composite bio- and ekoprotective materials.

Продольно-волокнистый хризотил-асбест представляет собой нетрадиционный вид асбестового сырья, обладающий четко выраженным типоморфизмом – удлинено-волокнистым строением кристаллов и исключительным разнообразием сопутствующих минералов, являющихся показателями физико-химических условий среды асбестообразования. Месторождения этого асбеста, связанные с ультрамафитами в ряде стран СНГ, в том числе в Казахстане, до сих пор остаются в категории непромышленных, несмотря на то, что по некоторым из них проведены детальные геологоразведочные работы с подсчетом запасов сырья. Причина кроется в особенностях этого асбеста, жилы которого находятся в тесном срастании с другим волокнистым, но хрупким минералом – немалитом  $[Mg(OH)_2]$ , не обладающим комплексом полезных свойств, присущих асбесту. Считается, что присутствие немалита снижает качество изделий, изготовленных из немалитосодержащего асбеста. В связи с этим месторождения хризотил-асбеста в бывшем СССР не эксплуатировались, хотя по подсчитанным запасам они равнозначны или даже превосходят по

запасам разрабатываемые месторождения аналогичного генетического типа за рубежом. Проведенные нами сравнительные анализы материалов по более 150 месторождениям и проявлениям мира показали, что продольно-волокнистая природа свойственна асбестам многих месторождений, которые приурочены не только к ультрамафитам перидотит-пироксенитовой формации, как это принято считать, но и к асбестам месторождения в ультрамафитах габбро-перидотитовой формации. Поэтому отнесение любых, вновь выявленных проявлений и месторождений продольно-волокнистого хризотил-асбеста в ультрамафитах по установившейся традиции к карачаевскому генетическому подтипу [1–5] может привести к неправильной оценке их промышленных перспектив. По этой причине, в частности, долгое время не отрабатывались зоны с продольно-волокнистым хризотил-асбестом на известном Баженовском месторождении на Урале. Исходя из изложенного детальное изучение типоморфных свойств продольно-волокнистого хризотил-асбеста, парагенезиса сопутствующих минералов и геолого-генетических особенностей их месторож-

дений в сравнительном аспекте с зарубежными объектами имеет важное теоретическое и практическое значение.

**Условия проявления.** Геологические ультрамафитовые формации, включающие месторождения и проявления продольно-волокнистого хризотилового асбеста, как уже отмечалось, представлены различными петрографическими типами и ассоциациями ультрамафитов, относящимися как к габбро-перидотитовой, так и к перидотит-пироксенитовой формациям.

*Ультрамафиты асбестоносной габбро-перидотитовой формации* проявляются обычно в эвгеосинклинальных зонах складчатых областей. Они являются продуктивными в основном на поперечно-волокнистый хризотил-асбест. Но в последнее время устанавливается перспективность их и на продольно-волокнистый хризотил-асбест в связи с выявлением тождественности основных технологических свойств последнего с таковыми поперечно-волокнистого хризотил-асбеста.

Ранее в бывшем СССР на Баженовском и других месторождениях руды продольно-волокнистого хризотил-асбеста были отнесены в забалансовые из-за укоренившихся мнений о том, что продольно-волокнистый хризотил-асбест обладает низкой механической прочностью и поэтому непригоден для использования в асбестоцементных изделиях. Однако опыт освоения зарубежных месторождений хризотил-асбеста и специальные исследования, проведенные В. П. Лузиным и другими исследователями, позволили доказать, что продольно-волокнистый хризотил-асбест месторождений баженовского подтипа по основным свойствам равноценен поперечно-волокнистому и соответственно вполне может быть использован в асбестоцементных и других изделиях. Поэтому учет наличия и запасов руд продольно-волокнистого хризотил-асбеста при оценке и разведке месторождений баженовского подтипа совершенно необходим.

Залежи продольно-волокнистого хризотил-асбеста обычно примыкают к залежам поперечно-волокнистого и образуют вместе с последними единое рудное тело. Во взаимных расположениях залежей намечается определенная зако-

номерность. Обычно залежи продольно-волокнистого асбеста окаймляют залежи поперечно-волокнистого снизу, а иногда и сверху, частично повторяя их контуры.

Согласно данным В. П. Лузина [1] залежи продольно-волокнистого хризотил-асбеста на Баженовском месторождении приурочены к расланцованным серпентинитам и зонам смятия их, где волокна асбеста располагаются на плоскостях, ограничивающих их трещин. Все руды и их запасы были отнесены здесь к забалансовым.

Наиболее крупные запасы руд продольно-волокнистого хризотил-асбеста находятся на залежах Пожарной, Южной, Северной и являются важным подспорьем для обеспечения прироста балансовых запасов на месторождении.

Следует отметить, что условия и масштабы проявления продольно-волокнистого хризотил-асбеста в других месторождениях баженовского подтипа, судя по литературным данным, почти аналогичны таковым Баженовского месторождения. Однако для разрабатываемых месторождений хризотил-асбеста (Джетыгаринское, Киембаевское, Актывакское и др.) этот вопрос специально не изучался.

*Ультрамафиты асбестоносной пироксенит-перидотитовой формации* проявляются в основном в палеозое и охватывают довольно широкий возрастной диапазон от ордовика до карбона. В некоторых случаях они отмечаются в мезозойских (альпийских) складчатых сооружениях, где возраст их датируется как верхний мел – палеогеновый. Они развиты в миогеосинклинальных зонах [2] и срединных массивах [3].

Ультрамафиты этой формации представлены в основном перидотитами и пироксенитами. Последние имеют обычно подчиненное распространение. В отличие от пород габбро-перидотитовой формации они характеризуются повышенной железистостью и более высоким содержанием титана, хрома, глинозема, ванадия [4].

Перидотиты, слагающие эту формацию, более интенсивно серпентинизированы по сравнению с пироксенитами, карбонатизированы, амфиболитизированы, оталькованы и хлоритизированы.

Продольно-волокнистый хризотил-асбест в ультрамафитах перидотит-пироксенитовой формации не находится в качестве ассоциирующего или сопутствующего поперечно-волокнистому хризотил-асбесту полезного ископаемого, как в ультрамафитах габбро-перидотитовой формации, а формирует самостоятельные месторождения, которые обычно приурочены к зонам смятия и дробления нацело серпентинизированного ультрамафитового массива. Асбест длиноволокнистый (10, 15 см и более) встречается в тесном сростании с немалитом, содержание которого в жилах достигает 8–65 %. П. М. Татаринев [5, 6], учитывая особенность этих месторождений, выделил их в самостоятельный генетический подтип, названный карачаевским.

За рубежом ультрамафиты перидотит-пироксенитовой формации с промышленными месторождениями продольно-волокнистого немалитсодержащего хризотил-асбеста известны во многих странах [2, 4].

**В Западных Альпах** ультрамафиты перидотит-пироксенитовой формации входят в состав Пьемонтской офиолитовой зоны, а **в Южных** – зоны Ирвеа. Асбестоносные ультрамафиты, с которыми связано одно из крупных эксплуатируемых месторождений продольно-волокнистого хризотил-асбеста в Италии – **Саттарме**, представлены перидотитами и в подчиненном количестве пироксенитами, которые интенсивно серпентинизированы и рассланцованы [7]. Серпентиниты главным образом состоят из антигоритового войлока, а также содержат незначительное количество метаморфического оливина, Ti-клиногумита и магнетита. Асбест образует штокверк жил мощностью от нескольких сантиметров до нескольких дециметров. Волокно асбеста длиной до 1 м расположено параллельно или почти параллельно стенкам заполняемых трещин. В жилах с асбестом ассоциируют немалит, магнетит, карбонаты, тальк, тремолит, андрадитовый гранат, арагонит и артинит.

**В Югославии** с ультрамафитами перидотит-пироксенитовой формации связано крупное эксплуатируемое с 1933 г. месторождение продольно-волокнистого хризотил-асбеста **Страгари**, которое приурочено к сильно серпентинизированным лерцолитам, подвергнутым тектоничес-

ким нарушениям – рассланцеванию и смятию. Длина асбестоносного массива 1,5 км, ширина около 200 м. Считается, что кожистый асбест Страгари образовался за счет поперечно-волокнистого при внутрирудных и пострудных тектонических процессах [8, 9]. Асбест в жилах спутанно-волокнистый. Волокна по отношению к стенкам заполняемых трещин расположены беспорядочно, из-за чего асбест назван «кожистым». По данным М. Карсулина [10] кожистая текстура асбеста Страгари обусловлена его сростанием в жилах с другими более «твердыми» и вязкими минералами, в частности с тальком. С. Павлович [11] указывает на присутствие в составе товарного асбеста брусита, магнетита, карбонатов. М. Симич и Д. Иванкович [12], детально изучавшие минералогический и химический состав асбестовых руд месторождения Страгари с целью разработки новой технологии извлечения асбестового волокна, указывают на повышенное содержание в составе асбеста магнезия, что объясняется, по-видимому, присутствием в нем немалита.

К карачаевскому генетическому подтипу относятся также месторождения **Богословец** [13], **Корбача** и **Озрен** [14], приуроченные к ультрамафитам мезозойского офиолитового комплекса Динарид.

В юго-восточной части офиолитового пояса Динарид в Греции альпинотипные ультрамафиты перидотит-пироксенитовой формации с многочисленными проявлениями и месторождениями продольно-волокнистого хризотил-асбеста формируют так называемый *Греческий асбестоносный пояс* [3].

Самое крупное разрабатываемое месторождение продольно-волокнистого хризотил-асбеста Греции – Зидани, приурочено к одному из крупных ультрамафитовых массивов этого пояса. Длина асбестоносных залежей данного месторождения достигает 1000 м при ширине 500 м, на глубину они прослежены до 130 м. Залежи приурочены к зонам смятия и разломов, где асбест заполняет многочисленные трещины в серпентинитах. Содержание асбеста в руде 3,65 %. В зонах разломов иногда встречаются маломощные дайки и жилы лампрофиров. В этом отношении месторождение Зидани обнаруживает близкое сходство с Ешкюльмесским.



Ультрамафиты продуктивной на продольно-волокнистый хризотил-асбест перидотит-пироксенитовой формации достаточно распространены в *Альпийско-Гималайском складчатом поясе*, где с ними связаны крупные промышленные месторождения продольно-волокнистого хризотил-асбеста *Афганистана и Пакистана*. Ультрамафиты залегают среди осадочно-метаморфических толщ юрского возраста.

Формирование ультрамафитов связано с альпийским тектогенезом и происходило, вероятно, в палеогене [15].

Ультрамафитовый массив, к которому приурочено месторождение продольно-волокнистого хризотил-асбеста Шодаля в Афганистане, расположен в пределах Хостского офиолитового шва и сложен серпентинизированными перидотитами и пироксенитами, карбонатизированными серпентинитами. Площадь массива 25 км<sup>2</sup>.

Месторождение расположено в центральной части массива и приурочено к полосе развития тектонических нарушений и зон трещиноватости северо-восточного простирания. Асбестовые руды представлены сильно перемятыми и рассланцованными серпентинитами, насыщенными продольно-волокнистым хризотил-асбестом длиной 15–20 см и более.

Среднее содержание асбеста в руде 6 %, с глубиной содержание асбеста увеличивается до 10 %. Асбест встречается в тесном сростании с немалитом, содержание которого колеблется от 20 до 54 %.

Зоны с продольно-волокнистым хризотил-асбестом установлены также на Баграмском и Логарском месторождениях хризотил-асбеста, выделяемых Л. Г. Гумеровым и др. [15] как месторождения баженовского и лабинского подтипов.

Ультрамафитовый пояс с интрузиями габбро-перидотитовой формации *Альпийско-Гималайской (Средиземноморской) складчатой области*, видимо, продолжается далее на юго-восток, в Пакистан. Продуктивные ультрамафиты мезозойского офиолитового комплекса формируют несколько крупных массивов, сложенных перидотитами и пироксенитами, подвергнутыми интенсивной серпентинизации. К одному из них приурочено Хиндубахское месторождение продольно-волокнистого хризотил-асбеста и

немалита, описанное в литературе как месторождение брусита [16].

Следовательно, указанная закономерность проявления и размещения асбест-немалитового оруденения в ультрамафитах перидотит-пироксенитовой формации является, вероятно, характерной для всего Средиземноморского складчатого пояса.

*На юге Африки* ультрамафиты перидотит-пироксенитовой формации с месторождениями продольно-волокнистого хризотил-асбеста отмечаются в древних складчатых сооружениях, в частности в районе Родезийского щита, и приурочены к поясу добулавайских ультрамафитов [2]. Возраст их датируется археем (2650 млн лет).

Все массивы ультрамафитов в данной формации расположены в *Южной Родезии*, где с ними связано несколько проявлений и месторождений продольно-волокнистого хризотил-асбеста. Наиболее крупными среди них являются месторождения Слип и Лейнинхарст, находящиеся в провинции Ломагунди [17]. Асбест этого месторождения в основном низкосортный, с незначительным содержанием текстильных сортов. Длина волокна достигает 75 мм, среднее содержание его в рудах 3–4 %.

*В Аппалачском каледоно-герцинском складчатом поясе* ультрамафиты перидотит-пироксенитовой формации распространены в его северной части, где они залегают среди осадочных отложений кембрийского и ордовикского возраста и нацело серпентинизированы, оталькованы, карбонатизированы, амфиболизированы и хлоритизированы [2]. К этим интрузиям в Аппалачском поясе приурочены три крупных месторождения продольно-волокнистого хризотил-асбеста: *Ист-Брутон, Лоуэл и Иден*, расположенные соответственно в северо-восточной и юго-западной частях так называемого Квебекского асбестоносного пояса.

Ультрамафиты перидотит-пироксенитовой формации с месторождениями продольно-волокнистого хризотил-асбеста имеются и в *Китае*. Они образуют здесь несколько поясов протяженностью сотни километров. К ультрамафитам одного из таких поясов длиной 50 км, шириной 500 м в провинции Сычуань в *Юго-Западном Китае* приурочены месторождения

продольно-волокнистого хризотил-асбеста *Пенг-Син*, *Чимен* и *Шменьши*, относящиеся к категории крупнопромышленных [18]. Особенностью асбеста этих месторождений является длиноволокнистость, достигающая более 2 м.

В СНГ ультрамафиты перидотит-пироксенитовой формации с месторождениями, проявлениями продольно-волокнистого хризотил-асбеста известны почти во всех выделенных асбестоносных провинциях.

В *Карело-Кольской провинции* по данным Н. М. Веселовского [19] наиболее перспективные и предварительно изученные проявления продольно-волокнистого хризотил-асбеста приурочены к расположенным в пределах так называемого *Ветряного пояса* массивам ультрамафитов: Пулозерскому, Волошовскому, Волжинскому. Наиболее изучен среди них *Вожминский* массив, находящийся в Восточной Карелии и приуроченный к синклинойной зоне *Ветряного пояса*. Вмещающие массив породы представлены metabазитами, андезит-диабазитами, туфами и туффитами карельского комплекса. Длина массива 20 км при ширине 0,3–1,2 км, сложен он оливинит-верлитами и верлит-клинопироксенитами, формирование которых происходило в две фазы, рассечен серией маломощных даек сильно измененных основных пород (габброидов) и редко родинитов. Все породы массива нацело серпентинизированы, среди них преобладают антигоритовые.

Совместно с бруситом и пироауритом хризотил-асбест приурочен к зонам сильно раздробленных серпентинитов, рассеченных серией поперечных разломов на отдельные блоки. Содержание его в рудах составляет 3,68 %. Волокна содержат: немалит – 7–22 %, пироаурит – 3–4 %, магнезит – 2 % и магнетит. В жилах встречаются также офит и хизлеводит, длина волокна достигает 30 см [20, 21].

В *Уральской провинции* ультрамафиты перидотит-пироксенитовой формации в качестве самостоятельного формационного типа впервые были выделены К. К. Золоевым [2]. В основном они распространены на западном склоне Урала, в миогеосинклиальной области, слагают небольшие тела, вытянутые в субмеридиональном направлении, и входят в состав так

называемого *Вишерско-Сарановского ультрамафитового пояса*, общая длина которого достигает 500 км. Однако площадь, занимаемая этими интрузиями, незначительная, всего 57 км<sup>2</sup>.

Ультрамафиты залегают в древних докембрийско-кембрийских толщах. Возраст их датируется как ордовикский. Они сложены перидотитами типа гарцбургитов и лерцолитов, пироксенитами типа бронзититов и диопсидитов. Все разновидности пород интенсивно серпентинизированы. Среди серпентинитов преобладают антигоритизированные разновидности.

Наиболее изученными из проявлений и месторождений продольно-волокнистого хризотил-асбеста, связанных с ультрамафитами пироксенит-перидотитовой формации Урала, является *Мойвинское* проявление, приуроченное к одноименному массиву, площадь которого составляет 18 км<sup>2</sup>. Мощность отдельных разобщенных крутопадающих тел 700–800 м.

Проявление состоит из двух участков: Северного и Южного, асбестовое оруденение тяготеет к сильно раздробленным и смятым антигоритовым серпентинитам и проявляется в виде трех параллельных полос шириной от 1000 до 400 м на северном и от 10 до 150 м на южном участках. Асбест продольно-волокнистый, связан с плоскостями всевозможных трещин мощностью 1–2 мм. Длина волокон от 2 до 7 см. Содержание асбеста в рудах довольно высокое: от 4,03 до 39,05 %, в среднем до 17,77 %. Проявление до сих пор не получило должной оценки.

В *Кавказской провинции* ультрамафиты перидотит-пироксенитовой формации с месторождениями и проявлениями продольно-волокнистого хризотил-асбеста представлены мелкими телами пироксенитов и апопироксенитовых серпентинитов.

Ультрамафиты перидотит-пироксенитовой формации *Большого Кавказа* образуют *Малкинско-Джалынкольско-Беденский* пояс длиной 250 км [20]. Они залегают в гнейсах, кристаллических сланцах и амфиболитах докембрия. Возраст же самих интрузий датируется как средний девон – нижний карбон [2]. По химическому составу и петрохимическим параметрам они близки к асбестоносным ультрамафитам пе-

риidotит-пироксенитовой формации Урала, Казахстана и других регионов.

Наиболее крупным из проявлений и месторождений продольно-волокнистого хризотил-асбеста на Кавказе является Шаман-Беклегеновское (Карачаевское), которое послужило прототипом для выделения П. М. Татариновым [5] особого карачаевского генетического подтипа.

В его строении участвуют серпентинизированные перидотиты и ассоциирующие с ними пироксениты и габбро, которые обнажаются в бассейне р. Кубани. Площадь распространения пород по длине 1,5 км при ширине 0,5 км. Весь комплекс интрузивных пород и вмещающих их докембрийских кристаллических сланцев с севера, юга и запада перекрывается песчаниками нижнеюрского возраста, а ультрамафиты рассеяны дайками кварцевых кератофилов и аплитов [21].

Жилы продольно-волокнистого асбеста приурочены к смятым и рассланцованным серпентинитам. Асбест повсеместно ассоциирует с немалитом, содержание которого в жилах варьирует в широких пределах. Волокна в основном низкосортные, содержание их в рудах от 0,1 до 2,5 %, оцененные запасы около 30 тыс. т.

Другие проявления продольно-волокнистого хризотил-асбеста – **Алык-Башинское** и **Худесское** – изучены весьма слабо.

На *Малом Кавказе* широко распространены ультрамафиты как габбро-перидотитовой, так и перидотит-пироксенитовой формаций. По данным Ф. А. Алелекова [24] они образуют обширный пояс протяженностью 200 км при ширине от нескольких сотен метров до 15 км, реже до 25 км.

По данным Ш. И. Аллахвердиева [25] ультрамафиты Малого Кавказа входят в состав двух офиолитовых поясов: Севано-Карабахского и Вединского, которые протягиваются параллельно друг другу и являются составными частями альпийских офиолитовых поясов Средиземноморской складчатой области. Возраст ультрамафитов определяется как нижнесеномский.

Ультрамафиты в основном представлены перидотитами (88 %) и дунитами (10 %), пироксениты развиты незначительно (5 %).

С ультрамафитами Малого Кавказа пространственно и генетически связан ряд место-

рождений и проявлений продольно-волокнистого хризотил-асбеста, которые изучены еще весьма слабо. Наиболее крупным среди них является **Даринское** месторождение, расположенное в Джил-Сатанахском ультрамафитовом массиве [21].

**В Среднеазиатской провинции** известно более 150 ультрамафитовых массивов [24], формационная принадлежность которых еще полностью не уточнена ввиду их слабой изученности. Из девяти структурно-фациальных зон региона интрузии перидотит-пироксенитовой формации более или менее достоверно установлены пока в северной зоне Памира, где они образуют Дарбазский ультрамафитовый пояс, который вытянут в северо-восточном направлении согласно простиранию вмещающих пород – среднепалеозойских хлорит-серицитовых и хлоритовых сланцев. Суммарная протяженность северной и южной полос пояса около 80 км. Возраст ультрамафитов датируется как верхнемеловой–палеогеновый. Они имеют пластовое залегание, нацело серпентинизированы, но в них сохранились реликтовые структуры перидотитов и пироксенитов.

К этим интрузиям приурочена **Бунайская группа месторождений** и проявлений продольно-волокнистого хризотил-асбеста, наиболее крупным и изученным среди которых является одноименное месторождение, которое слагается двумя асбестоносными залежами, имеющими пластообразную морфологию, – Верхней и Нижней [24, 25].

Ультрамафиты представлены нацело серпентинизированными перидотитами и пироксенитами, окаймляющими небольшие выходы пород основного состава, в приконтактных зонах которых развиваются узкие полосы метасоматических гранат-везувиановых пород и эпидозитов.

Асбестовые залежи сложены рассланцованными серпентинитами, которые разбиты густой сетью прожилков продольно-волокнистого хризотил-асбеста. Содержание волокна в рудах достигает 6 %. Месторождение относится к категории перспективных, но еще детально не разведано. Подсчитанные запасы волокна до глубины 200–300 м около 10,0 млн т, т. е. почти равны запасам Ешкиольмесского месторождения.

Другие проявления продольно-волокнистого хризотил-асбеста Среднеазиатской провин-

ции: **Техаровское, Удобское, Арновадское** и другие – имеют аналогичный характер асбестоносности, но изучены весьма слабо.

В *Алтае-Саянской провинции* выявлено более 30 крупных ультрамафитовых поясов, в которых имеется более 300 массивов ультраосновных пород; суммарная площадь, занимаемая этими интрузиями, составляет около 500 км<sup>2</sup>.

Массивы ультрамафитов имеют линзовидную, штоко- и пластообразную морфологию. Преимущественно распространены перидотиты, которые очень часто ассоциируют с пироксенитами и габброидами.

Все известные месторождения и проявления хризотил-асбеста, связанные с ультрамафитами, в основном относятся к одному – карачаевскому – генетическому подтипу. Количество их превышает 30. Ни одно из них не получило должной оценки.

В *Байкальской и Приморской провинциях* ультрамафиты перидотит-пироксенитовой формации четко не выделяются и связанные с ними месторождения и проявления продольно-волокнутого хризотил-асбеста не встречены. По крайней мере, в опубликованной литературе сведений о них найти не удалось.

В *Камчатско-Сахалинской провинции*, наоборот, они распространены довольно широко и приурочены к Тихоокеанскому складчатому поясу. Возраст их мезозойский. Все проявления продольно-волокнутого хризотил-асбеста относятся к карачаевскому генетическому подтипу и специально не изучались и не оценивались [2].

Для *Украинской провинции*, несмотря на довольно широкое распространение ультрамафитовой формации, достоверных данных о наличии пород перидотит-пироксенитовой формации не имеется. Об их присутствии в этом регионе можно судить по их минерализованности продольно-волокнутым хризотил-асбестом и немалитом. В частности, такие проявления имеются в **Варваринском** ультрамафитовом массиве, петрографический состав которого, однако, определяется как дунитовый [26, 27].

Наиболее богатой ультрамафитами перидотит-пироксенитовой формацией и связанными с ними проявлениями и месторождения-

ми продольно-волокнутого хризотил-асбеста является Казахстанская асбестоносная провинция [28–34], в пределах которой имеются более 40 перспективных и мелких проявлений и самое крупное, Ешкиольмесское, месторождение продольно-волокнутого хризотил-асбеста карачаевского генетического подтипа.

Сравнительный анализ имеющегося по ультрамафитам габбро-перидотитовой и перидотит-пироксенитовой формаций, минерализованным продольно-волокнутым хризотил-асбестом, материала позволяет сделать следующие выводы.

1. Ультрамафиты, несущие оруденение продольно-волокнутого хризотил-асбеста, могут принадлежать как к габбро-перидотитовой, так и к перидотит-пироксенитовой формациям.

2. Промышленная продольно-волокнустая асбестоносность ультрамафитов указанных формаций существенно не определяется их геотектоническими позициями размещения в складчатых областях, а обуславливается поздними внутри- или пострудными тектоническими процессами, вследствие чего оруденелые породы подвергаются дроблению, смятию, рассланцеванию и тем самым создаются необходимые условия для циркуляции минерализующих растворов, из которых отлагается продольно-волокнустый хризотил-асбест на плоскостях всевозможных трещин.

3. В ультрамафитах габбро-перидотитовой формации залежи с продольно-волокнустым хризотил-асбестом размещаются вблизи залежей поперечно-волокнутого хризотил-асбеста и могут отрабатываться совместно с ними. Тем самым они могут сыграть важную роль в росте балансовых запасов асбеста разрабатываемых месторождений баженовского подтипа.

4. Самостоятельные промышленные месторождения продольно-волокнутого немалитсодержащего хризотил-асбеста формируются только в ультрамафитах перидотит-пироксенитовой формации. Размещение их также контролируется зонами смятия и рассланцевания серпентинитов существенно антигоритового состава, рассеченных дайками лампрофиров и пород основного состава.

5. Высокомагнезиальный состав ультрамафитов габбро-перидотитовой формации и, наоборот, повышенная железистость ультрамафитов

перидотит-пироксенитовой существенно не влияют на количественное распределение немалита в жилах асбеста, содержание которого обычно значительно больше в асбестовых жилах ультрамафитов второй формации. Намечается определенная связь между поздней антигоритизацией серпентинитов, родингитизацией ассоциирующих с ними габброидов и образованием жил асбестово-немалитового и немалитового состава.

**Парагенезисы, типоморфные особенности и систематика месторождений продольно-волокнистого хризотил-асбеста.** На этой основе, как уже упоминалось, месторождения продольно-волокнистого хризотил-асбеста, пространственно и генетически связанные с ультрамафитами, приурочены к породам (массивам) как габбро-перидотитовой, так и перидотит-пироксенитовой формаций. Главным структурным условием формирования этих месторождений в указанных формациях является наличие зон тектонических нарушений и смятия в асбестоносных массивах, которые проявляются обычно как в локальном, так и в региональном масштабах.

Приведенный обзор литературного материала по месторождениям и проявлениям, а также детальное изучение Ешкиольмесского месторождения в Казахстане показали, что залежи продольно-волокнистого хризотил-асбеста в обеих формациях локализируются в основном в пределах перидотитов. Высказывания о том, что на Ешкиольмесском массиве асбестовая минерализация связана с пироксенитами при детальном картировании месторождения не подтвердились. В чем же тогда различие этих месторождений в генетическом отношении? На какой основе, кроме формационной, они могут быть систематизированы? Дело еще в том, что присутствие в рудах немалита не всегда служит типоморфным признаком, указывающим на принадлежность выявленного месторождения к карачаевскому генетическому подтипу, так как немалит встречается и в рудах месторождений, связанных с габбро-перидотитовой формацией. Поэтому отнесение любых вновь установленных проявлений или месторождений продольно-волокнистого хризотил-асбеста к карачаевскому генетическому подтипу, где качество асбеста значительно ухудшено из-за присутствия

тесно проросшего в него немалита, может привести к заведомо неправильной оценке их промышленных перспектив. По этой причине, в частности, долгое время не отрабатывались зоны с продольно-волокнистым хризотил-асбестом на Баженовском месторождении. По этой же причине, по всей вероятности, не оконтуриваются и не отрабатываются такие зоны и в других эксплуатирующихся месторождениях баженовского подтипа (Джетыгаринском, Киембаевском, Актювракском и др.).

Все изложенное свидетельствует о необходимости систематизации месторождений продольно-волокнистого хризотил-асбеста в ультрамафитах на основе наиболее отличительных признаков. По нашему мнению, среди других классификационных единиц (генетических, формационных и структурных) наиболее информативными и устойчивыми параметрами для такой систематики являются парагенезисы (кларки) минералов асбестоносных жил, которые определяют, с одной стороны, генетические особенности формирования месторождений и связь рудного вещества с составом вмещающих пород, с другой стороны, характеризуют (представляют) рудные формации продольно-волокнистого хризотилового асбеста.

Анализ имеющегося материала по месторождениям продольно-волокнистого хризотилового асбеста в ультрамафитах перидотит-пироксенитовой и габбро-перидотитовой формаций показывает, что кларки (парагенезисы) асбестосопутствующих жильных минералов весьма изменчивы, даже в месторождениях, связанных с одной только формацией ультрамафитов. Однако они остаются постоянными для выделенных групп месторождений и могут послужить основой для их систематики.

На основе этого классификационного признака – парагенезиса главных асбестосопутствующих минералов жил нами месторождения продольно-волокнистого хризотил-асбеста, связанные с габбро-перидотитовой формацией, расчленяются на две группы.

1. *Шегренит-хризотил-асбестовые* залежи продольно-волокнистого хризотил-асбеста встречаются в виде обособленных зон и блоков, окаймляющих залежи поперечно-волокнистого

хризотил-асбеста или прилегающих к их лежащему или висящему бокам. Типичным представителем этой группы месторождений являются участки развития зон продольно-волокнутого асбеста **Баженовского** месторождения, которые в настоящее время разрабатываются.

2. *Метаксит-баланжерит-хризотил-асбестовые*, в которых залежи с продольно-волокнутистым хризотил-асбестом располагаются в зонах перехода залежей руд поперечно-волокнутого асбеста к безрудным ультрамафитам. К этой группе относится крупное эксплуатируемое месторождение Западных Альп – **Баланжеро** в Италии. Характерной чертой руд этой группы является то, что в них отмечаются никельсодержащие рудные минералы: хизлевудит, Со-пентландит, макинавит, валлериит и др., которые извлекаются попутно.

Разнообразной минеральной ассоциацией жильных минералов характеризуются месторождения продольно-волокнутого хризотилового асбеста, приуроченные к ультрамафитам перидотит-пироксенитовой формации, которые расчленяются нами на четыре группы.

1. *Хизлевудит-немалит-хризотил-асбестовые*. К этой группе отнесены месторождения и проявления продольно-волокнутого хризотил-асбеста, пространственно и генетически связанные с сульфидно-никеленосными слабо дифференцированными ультрамафитами перидотит-пироксенитовой формации, например Печенгского района. К. К. Золоев и др. [35] относят эти интрузии к расслоенным габбро-норит-гипербазитовым комплексам, а приуроченные к ним месторождения хризотил-асбеста – к печенгскому морфогенетическому подтипу.

В бывшем СССР к данной группе относятся **Вожминское, Волошовское и Пулозерское** проявления продольно-волокнутого хризотил-асбеста, тяготеющие к одноименному массиву. За рубежом к этой группе может быть отнесено месторождение **Изел**, расположенное в районе Великой Дайки в Южном Америке [4].

Месторождения этой группы имеют большие промышленные перспективы, более того они могут оказаться комплексными, т. е. наряду с асбестом содержать никель, медь, платиноиды и другие полезные ископаемые.

2. *Хризотил-асбест-немалитовые*. Месторождения и проявления хризотил-асбеста этой

группы характеризуются резким преобладанием в жилах немалита над хризотил-асбестом, и в литературе они описаны как немалитовые [36] или бруситовые [16]. Типичные представители асбест-немалитовых месторождений – ряд проявлений Афганистана и **Хиндубахское** месторождение в Пакистане, запасы сырья в котором оцениваются в 2 млн т. К этой же группе условно могут быть отнесены отдельные проявления продольно-волокнутого хризотил-асбеста Саранского массива на Урале. В некоторых пробах длиноволокнистого асбеста из этого массива, представленного нам для изучения К. К. Золоевым содержание немалита достигает 80 % и более. В пробах асбеста из Северного участка Западной залежи Ешкиольмесского месторождения содержание немалита составляет 60–70 % (в крюде).

3. *Немалит-талък-хризотил-асбестовые*. Эта группа занимает особое положение среди месторождений продольно-волокнутого хризотил-асбеста перидотит-пироксенитовой формации не только нестандартностью кларкового состава минералов в жилах (наличием талъка в качестве одного из основных сопутствующих минералов), но и необычностью форм проявления асбеста. В отличие от асбеста других месторождений, который приурочен к определенной системе трещин, где волокна его ориентированы параллельно к их стенкам, хризотил-асбест в месторождениях описываемой группы заполняет разноориентированные трещины, а иногда даже всевозможные гнездообразные пустотки, создавая скопления спутанно-волокнутистых агрегатов. Находясь в тесном срастании с талъком и немалитом, асбест в жильной массе по форме выделения напоминает так называемую «горную кожу», отчего получил название «кожистого асбеста» [10].

Представителями этой группы являются месторождения **Страгари** в Югославии, **Калиново и Яковлец** в Чехословакии. Гнездообразные выделения «кожистого асбеста» наблюдались нами на северном участке **Акжальского** месторождения в Казахстане.

4. *Немалит-хризотил-асбестовые*. Сюда входит группа месторождений, по всем признакам относящаяся к выделенному впервые П. М. Татариновым карачаевскому генетическому подтипу. Большая часть месторождений этой груп-

пы в зарубежных странах эксплуатируется. Например, как уже отмечалось, 90 % хризотил-асбеста, добываемого в США, дают месторождения **Лоуэлл и Иден**, расположенные в штате Вермонт.

Исключение составляют месторождения метаксит-баланжерит-хризотил-асбестовой группы, связанные, судя по литературным данным, с габбро-перидотитовой формацией, в которых имеются зоны родингитизации. Следует также учесть, что некоторые исследователи по наличию ряда признаков месторождения этой группы, например **Баланжеро** в Италии, считают аналогичным месторождению **Ист-Брутон** в Канаде [17], т.е. относят к карачаевскому генетическому подтипу.

Таким образом, месторождения продольно-волокнистого хризотил-асбеста, связанные с ультрамафитами различных формаций, легко отличить друг от друга именно по минеральным кларкам, тогда как по другим признакам у них много сходств. Минеральные кларки позволяют расчленять на группы даже месторождения, связанные с одной формацией, что весьма важно для их предварительной оценки еще на начальных стадиях геологоразведочных работ и разработки схем технологического передела руд. Предложенная систематика месторождений продольно-волокнистого хризотил-

асбеста, как и их генетическая классификация, могут быть использованы при прогнозно-минерагенических исследованиях.

Следует отметить, что продольно-волокнистый хризотил-асбест во многих зарубежных странах (США, Индия, Афганистан, Пакистан, Турция, Япония и др.) используется как кондиционное сырье в асбестоцементных, асбесто-керамических, асботекстильных и других изделиях. Кроме упомянутых традиционных областей этот вид асбеста применяется в композиционных биозащитных и экозащитных материалах, идущих на изготовление деталей космической, ракетной и военной техники, стройиндустрии [4]. Нами установлено, что немалит-содержащий хризотил-асбест может быть применен в производстве тепло- и огнезащитных покрытий и герметиков, используемых в авиационных конструкциях, в производстве теплоизоляционных материалов космических ракет и наполнителей спецбетонов для защиты атомных реакторов от воздействия промежуточных нейтронов [4, 31, 32]. В этом аспекте детальное минералого-технологическое изучение свойств продольно-волокнистого хризотил-асбеста и геолого-экономическое изучение месторождений данного генетического типа в Казахстане в целях выявления их промышленных перспектив и комплексного освоения необходимо продолжить.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лузин В. П. Продольно-волокнистый хризотил-асбест Баженовского месторождения на Среднем Урале: Автореф. канд. дис. Свердловск, 1977. 23 с.
2. Золоев К. К. Месторождения хризотил-асбеста в гипербазитах складчатых областей. М.: Недра, 1975. 192 с.
3. Михайлов Н. П. Улутауский перидотит-пироксенитовый комплекс // Петрография Центрального Казахстана. М.: Недра, 1971. Т. 2. С. 120-126.
4. Бейсеев О. Б. Амфиболовые и продольно-волокнистый хризотил-асбесты: условия формирования, пути комплексного использования руд и перспективы промышленного освоения месторождений: Автореф. докт. дис. Алматы, 1990. 68 с.
5. Татаринцев П. М. Месторождения хризотил-асбеста в верховьях реки Кубани на Северном Кавказе // Вестник Геолкома. 1927. Т. 2, № 1. С. 25-29.
6. Татаринцев П. М. Генетические типы месторождений хризотил-асбеста // Месторождения хризотил-асбеста СССР. М.: ИЛ, 1951. 284 с.
7. Calvino F. Il giacimento di amianto a fibra Junga di Settarme (Valle d' Aosta) // L'Ing. Min. 1954. N 5. P. 407-420.
8. Vakanjac B. Tipovi chrisotile asbesthin lezista I osnovne zakonitosti njihovog razmestaja u SFRU // Zbornik radova Rudarsko-geoloskog fakulteta. Beograd, 1970. SV. 11-12. S. 135-153.

9. *Vakanjac B.* Chrysotile-asbestos deposits of the ultramafic complexes. Athens. Crece, 1980. V. 3. P. 315-329.
10. *Karsulin V.* Studije o azbestu iz Stragara I // Zastita materijala. Beograd, 1958. God.6, N 9. S. 347-358.
11. *Pavlovic S.* Mineraloski sastav Kozastag asbesta Stragara // Glasnik SAN. Beograd, 1952. IV. SV 1. S. 7-12.
12. *Simic M., Ivankovic D.* Mineralni sastav asbesta is Stragara I mogusnosti razrade novih technoloskin procesa Kohcentracije asbesta // Rud. Glas. 1976. N 4. P. 42-51.
13. *Аунгогов Л.* Оценка на наогалиштето азбест «Богословец» во светлости на новите геологикотехнички иследувана. // Трудови Геол. Завод СРМ. 1969-1970. № 14. С. 137-164.
14. *Артемов В. Р.* Условия образования и закономерности размещения месторождений хризотил-асбеста // Геология, методы поисков и разведки месторождений неметаллических полезных ископаемых. М.: ВИЗМС, 1975. 42 с.
15. *Гумеров А. Г., Еров З., Казихани А.* Месторождения хризотил-асбеста Афганистана // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1976. №4. С. 89-96.
16. *Ahmed K. S., Khurshid A., Ji A.S.* Brusite deposits of Hindubagh (West Pakistan) // Pakistan J. Scien. And Jnd. Res. 1971. V. 14, N 4.6. P. 542-545.
17. *Кореньков Т. А., Устинова Н. А.* Горнохимическое сырье зарубежных стран. М.; Л.: Химия, 1965. 210 с.
18. *Соболев Н. Д.* Введение в асбестоведение. М.: Недра, 1971. 280 с.
19. *Веселовский Н. Н.* Хризотил-асбестовая минерализация Печенегского рудного поля, закономерности ее размещения и условия образования: Автореф. канд. дис. Л.: ЛГИ, 1976. 23 с.
20. *Рундквист Т. В.* Прожилковая минерализация Вожминского серпентинитового массива Восточной Карелии // Зап. ВМО. 1983. № 5, 112: С. 559-564.
21. *Рундквист Т. В., Веселовский Н. Н.* Строение, состав и асбестоносность гипербазитов Северокарельского комплекса // Советская геология. 1985. № 9. С. 97-106.
22. *Соболев Н. Д.* Ультрабазиты Большого Кавказа. М.: Госгеолтехиздат, 1952. 240 с.
23. *Артемов В. Р.* Минералогия месторождений хризотил-асбеста. Описание разновидностей серпентина // Месторождения хризотил-асбеста СССР. М.: Недра, 1967. С.355-358.
24. *Алелеков Ф. А.* Месторождения асбеста в Карачаевской автономной области // Минеральное сырье и его переработка. 1927. № 7, 8. С. 431-434.
25. *Аллахвердиев Ш. И.* Гипербазиты Малого Кавказа, особенности их вторичных преобразований, рудоносность (Азербайджанская СССР): Автореф. докт. дис. Л., 1985. С. 21-22.
26. *Тюленев А. Е.* Описание месторождений и проявлений хризотил-асбеста Средней Азии // Месторождения хризотил-асбеста в СССР. М.: Недра, 1967. С. 301-304.
27. *Тюленев А.Е.* Структурное районирование, общая характеристика и асбестоносность гипербазитов Средней Азии // Месторождения хризотил-асбеста. М.: Недра, 1967. С. 301-309.
28. *Бейсеев О. Б., Ведерников Н. Н., Суханов А. Е.* Сырьевые ресурсы асбестов Казахстана и возможные пути комплексного использования их руд // Минералогическое и технологическое изучение асбестов Казахстана. Алма-Ата: ОНТИ КазИМС, 1977. Т. 1. С. 3-9.
29. *Бейсеев О. Б.* Традиционно-некондиционные, нетрадиционные и новые виды асбестового сырья в СССР и перспективы их использования // Proceedings of the Second World Congress on Non-metallic Minerals. V.1. Beijing. China, 1989. P. 280-289.
30. Минерально-сырьевая база Республики Казахстан на рубеже перехода к рыночной экономике. Алматы: Бюро Интеллсервис, 1995. 148 с.
31. Горнорудное сырье Казахстана: Справочник. Алматы: ИНЦ Комитета геологии и охраны недр, 2000–2001. Т. 1–3. 370 с.
32. *Бейсеев О. Б., Бейсеев А. О., Шакирова Г. С.* Физико-химические и технологические свойства природных минеральных наполнителей Казахстана как основа для использования их в производстве композиционных материалов специального и медицинского назначения // Наука та инновации. Science and innovation. Киев, 2005. Т. 1, № 1. С. 112-115.
33. *Бейсеев О. Б., Бейсеев А. О., Шакирова Г. С.* Новые и нетрадиционные виды природных минеральных наполнителей Казахстана и перспективы их использования для создания композиционных материалов многоцелевого назначения // Там же. С. 116-124.
34. *Джафаров Н. Н., Джафаров Ф. Н.,* Минерагеническое районирование Казахстана на хризотил-асбест // Горно-геологический журнал. 2006. № 1 (7). С. 8-11
35. *Золоев К. К. и др.* Баженовское месторождение хризотил-асбеста. М.: Недра, 1985. 197 с.
36. *Mallet F. R.* On nemalites from Afganistan // Rec. Geol. Survey of India. Calcutta, 1897. V.30, N 4. P. 233-247.



*Абдрахману Бегалиновичу Бегалинову – 60 лет*



10 октября 2006 г. исполнилось **60 лет Абдрахману Бегалиновичу Бегалинову** – доктору технических наук, профессору, члену-корреспонденту Национальной инженерной академии РК и Международной инженерной академии, заведующему кафедрой «Разрушение горных пород и шахтное строительство» Казахского национального технического университета.

А. Б. Бегалинов родился в г. Джетыгаре Костанайской области РК в 1946 г.

После окончания в 1969 г. Казахского политехнического института работал в г. Аркалыке горным мастером дробильно-сортировочной фабрики (1969–1972 гг.), начальником участка Токтыгатского рудника (1972–1973 гг.), главным инженером и начальником Нижне-Ашутского рудника (1973–1983 гг.), главным инженером Тургайского бокситового рудоуправления (в 1983–1986 гг.).

В 1986–1991 гг. – был назначен директором Карагайлинского горно-обогатительного комбината. В 1991–1993 гг. исполнял обязанности заведующего отделом промышленности и товаров народного потребления Аппарата Президента и Кабинета министров Республики Казахстан. В

1993–1995 гг. – президент национальной компании «Алтыналмас». В 1996–1997 гг. – вице-президент ОАО «Казметалл». В 1997–2003 гг. – генеральный директор ЗАО ИПК «Orient Gold».

С 2003 г. по настоящее время Абдрахман Бегалинович является генеральным директором горнодобывающего предприятия ТОО «Сымбат–XXI». Одновременно с 2000 г. преподает в Казахском Национальном техническом университете, профессор кафедры «Открытые горные работы». В июне 2006 г. на конкурсной основе избран заведующим кафедрой «Разрушение горных пород и шахтное строительство» КазНТУ.

Работая первым руководителем золотодобывающей промышленности независимого Казахстана, А. Бегалинов внес большой вклад в формирование отрасли и создание золотого запаса республики. Впервые в золотодобывающей отрасли РК сбалансированы объемы добычи и глубокой переработки золотосодержащего сырья с выпуском металлического золота, соответствующего международным стандартам Лондонской биржи металлов. Объем производства золота чисто золотодобывающими предприятиями РК возрос в 1,6 раза.

В рыночных условиях под руководством Абдрахмана Бегалиновича построены и введены в эксплуатацию горно-обогатительные комплексы нового типа «Кен» и «Терискей», базирующиеся на новых технологиях переработки «бедного» и «упорного» золотосодержащего сырья.

Работая на руководящих должностях, А. Б. Бегалинов непосредственно участвовал в разработке и внедрении новых технологических процессов и передовых методов работ на добычных и обогатительных комплексах. Он являлся руководителем группы разработчиков и соавтором принципиально новых технологий переработки «упорного» и комплексного золотосодержащего сырья с заменой высокотоксичных цианидов на тиосульфаты, а также тех-

нологии получения дешевых и экологически чистых тиосульфатов из отходов горно-металлургического и нефтегазового производства. Внедрение этих технологий существенно расширяет сырьевую базу золотодобывающей отрасли и создает возможность вовлечения в эксплуатацию новых месторождений. В настоящее время удалось реализовать промышленную технологию тиосульфатного выщелачивания золота при переработке руд группы месторождений Кумыстинского рудного поля (Южный Казахстан) ТОО «Терискей». При этом наряду с золотом попутно извлекаются серебро и медь. Основной реагент для этой технологии – тиосульфат также производится в Казахстане (г. Тараз) из отходов серы на заводе ТОО «Химсинтез».

А. Б. Бегалинов участвовал в работе международных научных конференций по горному делу, проводимых в ЮАР, Австралии, Греции, Чехии, Индии, Турции и др. Он ведет активную научную и преподавательскую работу, является автором 59 научных трудов, в том числе 7 научных монографий и учебных пособий, 13 изобретений, а также принимает активное участие в становлении технического казахского языка. Читает курс лекций в КазНТУ и пишет науч-

ные труды, в том числе и на казахском языке, кроме того, он один из авторов научного русско-казахского терминологического словаря по экологии и защите природы.

А. Б. Бегалинов – член диссертационного совета в КазНТУ, в 2000–2003 гг. был экспертом и заместителем председателя экспертного совета ВАК РК.

Он является членом редакционных коллегий «Горного журнала Казахстана» и «Горно-геологического журнала».

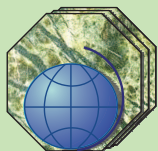
Абдрахман Бегалинович неоднократно избирался депутатом городского, районного и областного Советов народных депутатов, был членом Центрального Комитета КП Казахстана.

За значительный вклад в развитие горной отрасли награжден орденами Трудового Красного Знамени и Знак почета, медалью «Ерен еңбегі үшін». Лауреат премии Совета Министров Казахской ССР в области науки и техники.

А. Б. Бегалинов внесен в Национальную энциклопедию Казахстана (2004. Т. I.)

Горнотехническая общественность, работники высшей школы, друзья и коллеги сердечно поздравляют Абдрахмана Бегалиновича с юбилеем, желают ему доброго здоровья, счастья, больших творческих успехов.

*Казахский национальный технический университет им. К. Сатпаева,  
Национальная инженерная академия РК,  
Центрально-Азиатский  
горнопромышленный союз,  
Горнорудные компании «Алтыналмас»,  
«Кен», «Терискей», «Сымбат-XXI»  
Редколлегия*



# ТОО “АСБЕСТОВОЕ ГРП”

*Журнал  
распространяется в  
Республике Казахстан,  
Российской Федерации*

*Ответственность  
за достоверность  
фактов и сведений,  
содержащихся в  
публикациях, несут  
авторы*

*Ответственность  
за содержание рекламы  
несут рекламодатели*

*При перепечатке  
материалов ссылка на  
“Горно-геологический  
журнал” обязательна*



**ТОО “АГРП”**  
110700, г. Житикара, Республика Казахстан  
тел./факс: 8 (31435) 2-22-72  
e-mail: [nizamid@mail.ru](mailto:nizamid@mail.ru), [asbestgrp@mosk.ru](mailto:asbestgrp@mosk.ru)