

УДК: 622.831.327:553.3

**Рассказов Максим Игоревич**

научный сотрудник,  
Институт горного дела ДВО РАН,  
680000 г. Хабаровск, ул. Тургенева, 51  
e-mail: [rasm.max@mail.ru](mailto:rasm.max@mail.ru)

**Потапчук Марина Игоревна**

кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник,  
Институт горного дела ДВО РАН

**Цой Денис Игоревич**

научный сотрудник,  
Институт горного дела ДВО РАН

**Терешкин Андрей Александрович**

научный сотрудник,  
Институт горного дела ДВО РАН

**Гладырь Андрей Владимирович**

старший научный сотрудник,  
Институт горного дела ДВО РАН

**ИЗУЧЕНИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ  
ОСОБЕННОСТЕЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ  
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ГОРНЫХ ПОРОД ЗОЛОТОРУДНОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЕЛЬКЕН**

*Аннотация:*

*Представлены горно-геологические и структурные особенности золоторудного месторождения Делькен, а также результаты исследований физико-механических свойств горных пород. В ходе работы были определены следующие параметры: плотность, пористость, предел прочности на одноосное сжатие, предел прочности на одноосное растяжение, прочность пород по шкале Протодьяконова, упругие свойства горных пород (коэффициент Пуассона и модуль Юнга). Для проведения испытаний были использованы прессы ToniPACT II – 2091, ToniNORM – 2020. По результатам измерений был построен паспорт прочности горных пород, который позволяет определить угол внутреннего трения и сцепления.*

*Ключевые слова:* физико-механические свойства, горные породы, месторождение, рудное золото, предел прочности на одноосное сжатие, паспорт прочности, плотность

DOI: 10.25635/2313-1586.2020.02.116

**Rasskazov Maksim I.**

Researcher,  
Mining Institute, Far-East Branch of RAS,  
680000 Khabarovsk, 51 Turgenev Str.  
e-mail: [rasm.max@mail.ru](mailto:rasm.max@mail.ru)

**Potapchuk Marina I.**

Candidate of Technical Science,  
Senior Researcher,  
Mining Institute, Far-East Branch of RAS

**Tsoi Denis I.**

Researcher,  
Mining Institute, Far-East Branch of RAS

**Tereshkin Andrey A.**

Researcher,  
Mining Institute, Far-East Branch of RAS

**Gladyr Andrey V.**

Senior Researcher,  
Mining Institute, Far-East Branch of RAS

**STUDY OF MINING AND GEOLOGICAL  
FEATURES AND DEFINITION  
OF PHYSICAL AND MECHANICAL  
PROPERTIES OF ROCKS OF DELKEN  
GOLD DEPOSITS**

*Abstract:*

*The article considers geological and structural features of Delken gold deposit, as well as physical and mechanical properties of the rocks. The following parameters were determined: density, porosity, uniaxial compression strength, uniaxial tensile strength, rock strength according to the Protodyakonov scale, elastic properties of rocks (Poisson's ratio and Young's modulus). The presses ToniPACT II – 2091 and ToniNORM – 2020 were used for the tests. Based on the measurement results, a rock strength certificate was developed which allows to determine the angle of internal friction and adhesion.*

*Keywords:* physical and mechanical properties, rocks, deposit, ore gold, uniaxial compression tensile strength, strength certificate, density

*Введение*

Как показывает практика, обоснование наиболее рациональной системы разработки месторождения возможно только после комплексного и детального изучения геолого-структурных, инженерно-геологических условий района месторождения, а также определения физико-механических свойств горных пород. На стадии освоения

месторождения необходимо иметь надежную информацию о структурных особенностях, свойствах, состоянии массива горных пород и их изменении под влиянием горных работ [1 – 5].

Изучение физико-механических свойств горных пород имеет важное значение для расчетов технологических процессов и проектирования конструктивных параметров транспортно-выемочного комплекса во всех отраслях производства горной промышленности – от разведки месторождений полезных ископаемых до их обогащения [6 – 8].

Эффективное освоение месторождений полезных ископаемых возможно на основе достоверной информации не только о запасах минерального сырья, но и о горно-геологических и горно-технических условиях разработки [9 – 10]. При обосновании порядка и технологии вскрытия и отработки месторождения, определении параметров системы разработки важное значение имеют данные о физико-механических свойствах пород и руд залежи, к числу которых относятся плотность, прочностные и упругие свойства горных пород и ряд других параметров.

#### *Горно-геологические особенности месторождения Делькен*

Золоторудное месторождение Делькен расположено в Лимурчанской золотоносной площади, находящейся на территории Нижнеамурского рудного района, охватывающего бассейны рек Пильда и Лимури, левых притоков реки Амур. Лимурчанская золотоносная площадь в виде двух разобренных участков занимает водораздельное пространство рек Лимури и Лимурчан (Делькенская площадь) и рек Лимурчан и Утак (участок Орлиный). По административному делению площадь относится к Ульчскому району Хабаровского края, районным центром которого является село Богородское.

Делькенская рудоносная площадь располагается на юго-западном фланге Нижнеамурского рудного района, отвечающего области сочленения Горинского синклинария Сихотэ-Алинской складчатой системы с Восточно-Сихотэ-Алинским вулканогеном. Мощности свит колеблются от 350 до 900 м. С запада Нижнеамурский рудный район ограничен крупным Лимурчанским разломом северо-восточного простирания, вдоль которого мезозойские складчатые структуры переориентированы в близмеридиональном направлении. Геологическая позиция рудоносной площади Делькен определяется приуроченностью к южному экзоконтакту крупного Лимурчанского интрузива и к зоне расщепления южной оконечности регионального Лимурчанского разлома, высоко проницаемой для магматических тел и рудных растворов. Зона насыщена малыми линейно-ориентированными телами кварцевых диоритовых порфириров и гранодиорит-порфириров позднемелового нижнеамурского комплекса, а также многочисленными дайками среднего и кислого состава и зонами прожилкового и метасоматического окварцевания.

В структурном плане Делькенская площадь расположена в пределах антиклинали первого порядка (рис. 1). Она прослеживается с юго-запада на северо-восток на 9 км от верховьев ручья Промежуточного до Лимурчанского массива по выходам на поверхность триас-юрских кремнистых пород бокторской толщи. Всю восточную часть изученной площади занимает крупная синклинали складка северо-восточного направления, подчеркнутая выходом на поверхность песчаников силинской свиты [11 - 14].

На площади развиты разрывы северо-западного и субмеридионального направлений, представляющие собой ветви Лимурчанского разлома. Наиболее крупная серия таких сближенных разрывных нарушений, залеченных многочисленными дайкообразными интрузивными телами и дайками гранодиорит-порфириров, кварцевых диорит-порфириров, прослеживается через всю площадь с юго-запада на северо-восток (Авланбира-Солдерунский разлом). Зона является рудоконтролирующей структурой, в ее пределах расположено рассматриваемое месторождение. Рудное поле месторожде-

ния включает участок Авламбира (южная часть) и месторождение Делькен (северная часть), в котором выделяются участки Буровой и Водораздельный.

Рудовмещающими на территории Делькенской золоторудной площади являются зоны дробления и интенсивной трещиноватости пород, параллельные основной оси Лимурчанского разлома и сложенные гидротермально измененными породами. Среди широко развитых на площади гидротермальных образований основными являются прожилково-окварцованные и метасоматически измененные (березитизированные) породы.

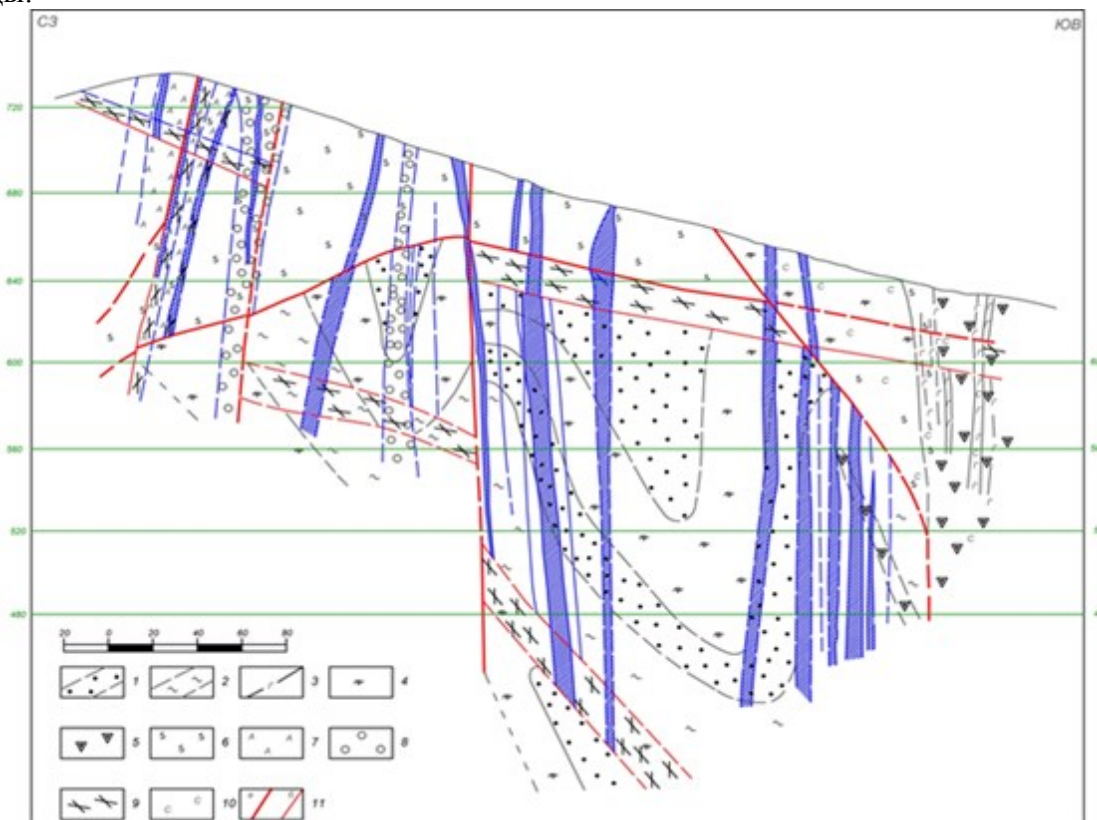


Рис. 1 – Геолого-структурная схема месторождения Делькен:

- 1 – песчаники; 2 – алевролиты, аргиллиты;  
3 – спессартиты, диоритовые порфириды, диориты; 4 – брекчии нагнетания;  
5 – флюидолиты; 6 – кварц-серицит-гидрослюдистые метасоматиты с пиритом;  
7-10 – околорудные метасоматиты; 7 – кварц-альбитовые до альбититов;  
8 – березиты; 9 – кварц-актинолитовые; 10 – углеродистые метасоматиты;  
11 – дизъюнктивы: а – первого порядка; б – второго порядка; рудные тела – штриховка.

Стержневые зоны метасоматитов являются минерализованными (рудными) зонами, вмещающими золотое оруденение. Они залегают в виде линейно-вытянутых в северо-восточном или субмеридиональном направлении тел мощностью от 3 – 5 до 70 м, протяженностью от нескольких десятков до сотен метров. Зоны интенсивного прожилкового окварцевания отчетливо проявляются в геохимических и геофизических полях, прослеживаются делювиальными свалами измененных пород, сопровождаются геохимическими ореолами золота с повышенным содержанием Mo, Cu, W и др.

Рудоносная структура Делькенская прослеживается на 8 км в северо-восточном направлении до Лимурчанского массива на северо-западе. В северо-восточной части этой структуры, в верхнем течении одноименного ручья, правого притока реки Лимурчан выявлены участки Буровой и Водораздельный, которые составляют месторождение Делькен. Ширина зоны измененных пород варьирует в основном в пределах 300 - 700 м и лишь на отрезке, вмещающем северный блок участка Водораздельный, ширина ее достигает 1400 м.

*Результаты и методы исследования физико-механических свойств  
горных пород месторождения Делькен*

Для лабораторных исследований было представлено 89 проб (кернов) горных пород, отобранных при бурении геологоразведочных скважин на месторождении Делькен. Пробы представлены одиннадцатью видами пород: 1) темно-серые тонкослоистые аргиллиты углефицированные – 11 образцов; 2) светлые буровато-серые кварц-полевошпатовые до кварцевых метасоматиты по углисто-кремнистым сланцам – 8 образцов; 3) светло-серые с буроватым оттенком тонко-мелкозернистые песчаники – 10 образцов; 4) светлые зеленовато-серые до белесых тонкозернистые апоспессартиты – 2 образца; 5) темно-серые до черных брекчии аргиллитов на пелитовом цементе – 9 образцов; 6) светло-серые с буроватым оттенком песчаники – 6 образцов; 7) темно-серые до черных тонкослоистые аргиллиты – 11 образцов; 8) темно-серые до черных брекчии с обломками алевролитов, аргиллитов (флюидолиты) – 9 образцов; 9) песчаники тонко-мелкозернистые, измененные кварц-углеродистые метасоматиты – 7 образцов; 10) темно-серые до серых песчаники слабо полевошпатизированные – 9 образцов; 11) аргиллиты от светло-серых до темно-серых давленные – 7 образцов.

Для проведения исследований горных пород на определение предела прочности на одноосное сжатие с применением камнерезной машины Geocut были изготовлены образцы цилиндрической формы диаметром 63 мм, высотой от 83 до 106 мм и на одноосное растяжение – образцы диаметром 63 мм, толщиной 25 – 30 мм. Торцевые поверхности образцов должны быть плоскими, параллельными друг другу и перпендикулярными боковой поверхности. При этом выдерживались следующие допуски: отклонение от плоскости – не более 0,05 мм; отклонение от параллельности – не более 0,4 мм; отклонение от перпендикулярности – не более 1,0 мм.

Истинную плотность горной породы и зерен щебня (гравия) определяли путем измерения массы единицы объема измельченного высушенного материала по ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний» [15].

Истинную плотность  $\rho$ , г/см<sup>3</sup> определяли по следующей формуле:

$$\rho = \frac{m}{m + m_1 - m_2} \rho_{\text{в}}, \quad (1)$$

где  $m$  – масса навески порошка, высушенного до постоянной массы, г;  $\rho_{\text{в}}$  – плотность воды, принимаемая равной 1 г/см<sup>3</sup>;  $m_1$  – масса пикнометра с дистиллированной водой, г;  $m_2$  – масса пикнометра с навеской и дистиллированной водой после удаления пузырьков воздуха, г.

Пористость горной породы определяют расчетным путем на основании предварительно установленных значений истинной и средней плотности.

Пористость горной породы  $V_{\text{пор}}$ , % по объему, определяют по следующей формуле:

$$V_{\text{пор}} = (1 - \rho_{\text{к}} / \rho) \cdot 100, \quad (2)$$

где  $\rho_{\text{к}}$  – средняя плотность горной породы, г/см<sup>3</sup>;  $\rho$  – истинная плотность горной породы, г/см<sup>3</sup>.

Определение предела прочности пород производилось в соответствии с ГОСТ 21153.2-84 [16] методом одноосного сжатия образцов правильной формы плоскими плитами. Настоящий стандарт распространяется на твердые (скальные и полускальные) горные породы с пределом прочности при одноосном сжатии не менее 5 МПа.

Количество образцов при исследовательских испытаниях должно быть не менее 6 при условии обеспечения надежности с результатов не ниже 0 и относительной погрешности не более 20 %.

Образец размещают между стальными плитами (рис. 2), совмещая ось образца с центром нижней опорной плиты испытательной машины, и нагружают до разрушения с равномерной скоростью 1 – 5 МПа/с до разрушения.



Рис. 2 – Размещение образца между плитами испытательной машины ToniРАСТП-2091

Предел прочности при одноосном сжатии определяется испытанием цилиндрических образцов с параллельными торцами, у которых отношение высоты к диаметру равно 1,5. В случае, если рекомендуемое отношение, равное двум, не удастся выдержать из-за недостаточных размеров кернов, допускается испытывать образцы с отношением высоты к диаметру от 1 до 2 с последующим пересчетом результатов испытаний для приведения к стандартному с помощью корректировочного коэффициента  $K_h$ , определяемого по формуле

$$K_h = 1 - [0,14921(2 - h/d) - 0,024607(2 - h/d)^2 + 0,077359(2 - h/d)^3], \quad (3)$$

где  $h$  – высота,  $d$  – диаметр образца.

Значения предела прочности при одноосном сжатии  $\sigma_{сж}$  в МПа для каждого образца определяют по формуле

$$\sigma_{сж} = K_h \cdot \frac{P}{S} \cdot 10, \quad (4)$$

где  $P$  – разрушающая образец сила, кН;  $S$  – площадь поперечного сечения образца, см<sup>2</sup>.

Определение предела прочности пород на одноосное растяжение производилось в соответствии с ГОСТ 21153.3-85 [17] на образцах правильной формы сферическими инденторами. Размеры образцов и места их нагружения встречными инденторами должны быть такими, чтобы площадь поверхности разрыва (раскола) была не менее 3 и не более 100 см<sup>2</sup>. Предпочтительно – (15±3) см<sup>2</sup>. При этом площади по поверхности раскола образцов одной выборки не должны отличаться более чем в два раза.

Высота образцов (расстояние между точками приложения нагрузки) должна быть не менее 10 мм. Испытания предела прочности на одноосное растяжение проводились на установке ToniNORM (рис. 3).

Образец нагружали до разрушения равномерно со скоростью 1 кН/с. Испытание признавали действительным при разрыве образца на две части по поверхности, проходящей через ось нагружения.





Рис. 3 – Размещение образца между сферическими инденторами испытательной машины ToniNORM-2020

Далее определяли величину площади поверхности разрыва образца в квадратных сантиметрах.

Предел прочности при одноосном растяжении  $\sigma_p$  в МПа для каждого образца вычисляли по формуле

$$\sigma_p = 7,5 \frac{P}{S} K, \tag{5}$$

где  $P$  – разрушающая сила, кН;  $S$  – площадь поверхности разрушения образца,  $\text{см}^2$ ;  $K$  – безразмерный масштабный коэффициент, принимаемый равным 1 при  $S=(15\pm 3) \text{ см}^2$ . Для других значений  $S$  коэффициент  $K$  устанавливается по табл. 1.

Таблица 1

**Определение коэффициента  $K$**

$S, \text{ см}^2$	3	4	5	8	10	15	20
$K$	0,67	0,72	0,76	0,85	0,90	1,00	1,08
$S, \text{ см}^2$	30	35	40	45	50	80	100
$K$	1,19	1,24	1,28	1,32	1,35	1,52	1,61

Согласно линейной теории упругости основные упругие свойства характеризуются двумя параметрами: модулем Юнга и коэффициентом Пуассона. Для их определения использовано оборудование, прилагаемое к испытательной машине ToniРАСТП, а также программное обеспечение, использующее методику обработки измеренных данных в соответствии с международным стандартом ISO 6784. Требования к образцам аналогичны испытаниям предельных напряжений при сжатии. Образцы цилиндрической формы располагаются между плитами испытательной машины ToniРАСТП. Осевая

нагрузка определяется по датчику давления гидравлической системы пресса. Полупроводниковые тензодатчики деформации германской фирмы Zwick марки DD1 крепятся на настраиваемых рамках (рис. 4).



Рис. 4 – Устройство с датчиками продольной и поперечной деформации для определения упругих параметров образцов диаметром 60 – 70 мм на испытательной машине ТопiРАСТII

Образец, помещенный между плитами пресса, нагружали циклически 3 раза. Нижнее усилие пресса обеспечивает напряжение 5 МПа, верхнее – 15 МПа. Устройство управления прессом передает в компьютер все измеренные значения усилий и деформаций с продольных и поперечных датчиков. В расчет принимались значения деформации в третьем цикле нагружения. Для расчета модуля упругости определялись средние за 10 сек деформации при выдержке постоянного напряжения при нижнем и верхнем значениях усилия пресса в третьем цикле. На рис. 5 приведен фрагмент окна программы testxpert, используемой при определении упругих параметров.

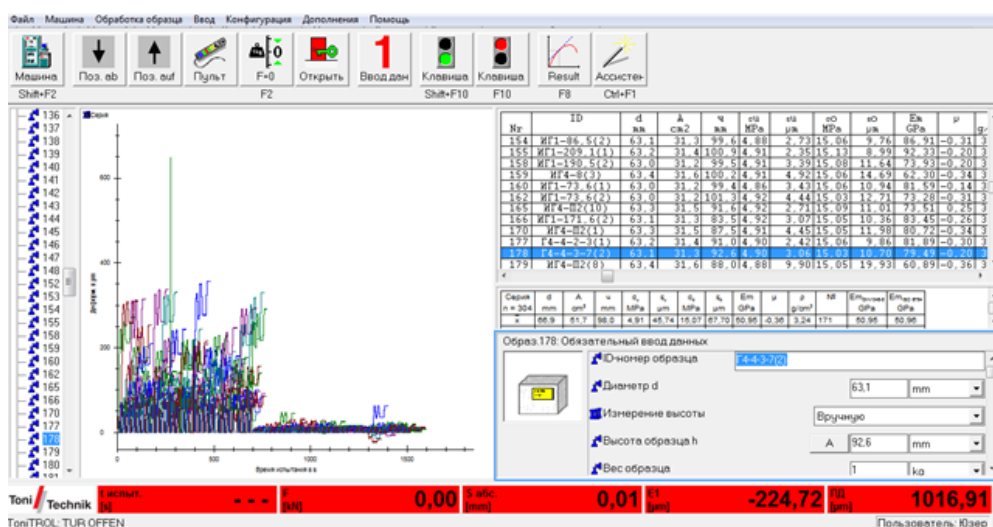


Рис. 5 – Окно программы testxpert с выводом на монитор графической информации о деформировании образцов и таблиц с измеренными и рассчитанными параметрами

Сущность метода проф. М.М. Протодяконова заключается в определении коэффициента крепости, который пропорционален отношению работы, затраченной на дробление горной породы к вновь образованной при дроблении поверхности, оцениваемой суммарным объемом частиц размером менее 0,5 мм. Определение крепости пород производилось в соответствии с ГОСТ 21153.1-75 [18]. Для данных измерений применялся прибор определения крепости (ПОК).

Отобранную пробу горной породы раскалывают до получения кусков размером 20 – 40 мм. Из измельченного материала пробы отбирают двадцать навесок массой 40 - 60 г каждая. Каждую навеску отдельно дробят в стакане гирей, падающей с высоты 60 см. После дробления каждой пяти навесок их просеивают на сите, подрешетный продукт сита ссыпают в объемомер и измеряют плунжером высоту столбика мелочи.

Коэффициент крепости горной породы ( $f$ ) вычисляют по формуле

$$f = \frac{20 \cdot n}{h}, \quad (6)$$

где 20 – эмпирический числовой коэффициент, обеспечивающий получение общепринятых значений коэффициента крепости и учитывающий затраченную на дробление работу;  $n$  – число сбрасываний гири при испытании одной навески;  $h$  – высота столбика мелкой фракции в объемомере после испытания пяти навесок, мм.

Паспорт прочности горных пород рассчитываем согласно ГОСТ 21153.8-88 [19] в соответствии с п. 3 «Расчетный метод построения паспорта прочности по данным определения пределов прочности при одноосном сжатии и растяжении».

Метод предусматривает определение координат точек огибающей расчетным путем по эмпирическому уравнению с использованием данных определения пределов прочности при одноосном сжатии и при одноосном растяжении (рис. 6).

Эмпирическое уравнение огибающей предельных кругов напряжений Мора ( $\tau$ ) принимается в следующем виде:

$$\tau = \tau_{\max} \left( \frac{\sigma_k^2}{\sigma_k^2 + a^2} \right)^{3/8}, \quad (7)$$

где  $\tau_{\max}$  – максимальное сопротивление породы срезу (сдвигу) при гипотетически полностью закрывшихся под действием нормального давления трещинах и порах;  $\sigma_k$  – нормальное напряжение относительно начала координат, перенесенного в точку пересечения огибающей с осью абсцисс;  $a$  – параметр формы огибающей кривой.

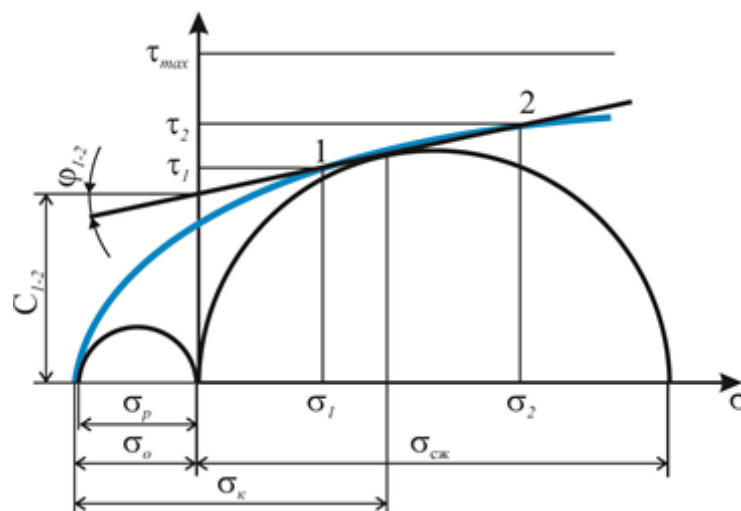


Рис. 6 – Схема построения огибающей кругов Мора

### Выводы

1. Месторождение Делькен, среднее по запасам золота, относится к золото-кварцевой формации малосульфидного типа. В структурном плане оно принадлежит к объектам, сформированным в рамках структурного клина (разломы субмеридионального и СВ простираний). Прослеживается очень высокая степень нарушенности горного массива.



2. По результатам исследований определены основные физико-механические свойства горных пород месторождения Делькен: истинная (удельная) плотность, пористость, предел прочности при одноосном сжатии, предел прочности при одноосном растяжении, упругие свойства горных пород (модуль Юнга, коэффициент Пуассона), коэффициент крепости по шкале М. М. Протодяконова (табл. 2). Также был построен паспорт прочности горных пород, который позволил определить угол внутреннего трения и сцепления.

Таблица 2

**Определение физико-механических свойств горных пород месторождения Делькен**

Наименование пород	Истинная (удельная) плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Пористость $V_{пор}$ , %	Предел прочности, МПа		Упругие свойства горных пород			Паспорт прочности	
			при растяжении	при сжатии	Модуль Юнга $E_m$ , ГПа	Коэффициент Пуассона $\mu$	Коэффициент крепости по Протодяконову, f	Сцепление $c$ , МПа	Угол внутреннего трения, $\varphi$ , гр.
1. Темно-серые тонкослоистые аргиллиты углефицированные	2,80	2,41	5,8	176,9	77,44	0,28	15,9	19,282	64,877
2. Светлые буровато-серые кварц-полевошпатовые до кварцевых метасоматиты по углисто-кремнистым сланцам	2,76	2,04	5,3	104,1	72,22	0,26	15,4	14,085	63,42
3. Светло-серые с буроватым оттенком тонко-мелкозернистые песчаники	2,76	3,33	8,8	190,6	78,06	0,29	17,6	24,488	64,479
4. Светлые зеленовато-серые до белесых тонкозернистые апоспесчартиты	2,90	2,94	7,6	114,2	54,74	0,23	17,1	17,189	59,444
5. Темно-серые до черных брекчии аргиллитов на пелитовом цементе	2,76	3,03	5,6	115,5	76,73	0,32	14,0	15,247	63,982
6. Светло-серые с буроватым оттенком песчаники	2,77	3,77	8,4	119,9	66,90	0,26	15,9	18,359	58,549
7. Темно-серые до черных тонкослоистые аргиллиты	2,83	3,39	4,7	113,8	69,95	0,31	10,6	13,576	65,312
8. Темно-серые до черных брекчии с обломками алевролитов, аргиллитов (флюидолиты)	2,69	1,42	3,4	83,5	76,31	0,36	10,2	9,853	65,383
9. Песчаники тонко-мелкозернистые. Измененные кварц-углеродистые метасоматиты	2,76	1,96	6,0	136,5	68,89	0,27	12,5	17,014	64,903
10. Темно-серые до серых песчаники слабо полевошпатизированные	2,79	2,92	6,5	153,9	73,05	0,26	12,9	18,666	65,183
11. Аргиллиты от светло-серых до темно-серых давленные	2,65	1,45	5,5	100,3	64,87	0,28	10,5	14,034	62,456

3. Все вмещающие горные породы месторождения Делькен могут использоваться в качестве строительных материалов, так как обладают высокими прочностными свойствами.

### Литература

1. Geomechanical substantiation of measures of safety in the process of development of the Southern Hingansk deposit / M. Rasskazov, A. Rasskazova, M. Potaphuk, A. Tereshkin // *Rock Mechanics for Natural Resources and Infrastructure Development - FullPapers: Proceedings of the 14th International Congress on Rock Mechanics and Rock Engineering (ISRM 2019), September 13-18, 2019, Foz do Iguassu, Brazil.* – London: Taylor & Francis Group, 2020. – P. 793 – 799. – ISBN 978-0-367-42284-4.

2. / Комплексный подход к прогнозу устойчивости предохранительного целика при слоевой системе разработки запасов Яковлевского месторождения / А.Д. Куранов, И.И. Багаутдинов, Д.А. Котиков, Б.Ю. Зуев // *Горный журнал.* - 2020. - №1. - С. 115 - 119. DOI: 10.17580/gzh.2020.01.23

3. Rasskazov, M. I., Potapchuk, M. I., Kursakin, G. A., Tsoi, D. I. Geomechanical justification of security measures in the development of the South-Khingan deposit of manganese ore. *E3S Web of Conferences.* 56: 1-7. - 2018.

4. Геомеханические исследования структурных особенностей массива горных пород при проектировании карьера месторождения Дяппе / И.Ю. Рассказов, В.Г. Крюков, М.И. Потапчук, А.В. Сидляр // *Маркшейдерия и недропользование.* - 2018. - №5 (97). - С. 52 - 58.

5. Инженерно-геологическая оценка скального основания Нижне-бурейской ГЭС / Б.Г. Саксин, Г.С. Мирзеханов, М.И. Рассказов, В.И. Усиков, Д.И. Цой // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал).* - 2015. - № S2. - С. 3 - 12.

6. Марчевская В.В. Физико-механические характеристики малосульфидных руд Кольского полуострова / В.В. Марчевская, Т.Н. Мухина // *Обогащение руд.* - 2014. - №6 (354). - С. 56 - 60.

7. Чебан А.Ю. Технология разработки крутопадающих рудных тел с применением дистанционно управляемого горного оборудования / А.Ю. Чебан // *Маркшейдерский вестник.* - 2019. - № 2. - С. 56 - 60.

8. Геомеханическая оценка Южно-Хинганского месторождения / М.И. Рассказов, А.А. Терешкин, Д.И. Цой, М.И. Потапчук, А.В. Рассказова // *Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр: Сб. докладов 3-й Международной научной конференции / ИПКОН РАН.* - М., 2018. - С. 132 - 136.

9. Потапчук М.И. Оценка геомеханического состояния массива горных пород при отработке сложноструктурных рудных тел системой поэтажных штреков с управляемым обрушением кровли / М.И. Потапчук, А.А. Терешкин, М.И. Рассказов // *Горный информационно-аналитический бюллетень.* 2015. - № 12. - С. 39 - 45.

10. Рассказов М.И. Оценка напряжённого состояния массива месторождения «Пионер» на основе акустико-эмиссионного эффекта памяти горных пород / М.И. Рассказов, А.А. Терешкин, Д.И. Цой // *Проблемы недропользования.* - 2019. – № 2 (21). – С. 62-67.

11. Юшманов Ю.П. Структурно-тектонические закономерности размещения золота в Пильда-Лимурийском рудном районе нижнего Приамурья / Ю.П. Юшманов // *Тихоокеанская геология.* - 2014. - № 4 (том 33). - С. 99 - 109.

12. Крюков В.Г. Металлогенические особенности Нижнего Приамурья / В.Г. Крюков // *Современные проблемы регионального развития: материалы IV международ. науч. конф., Биробиджан, 09-12 октября 2012 г. / Под ред. Е.Я. Фрисмана.* - Биробиджан: Изд-во ИКАРП ДВО РАН - ФГБОУ ВПО «ПГУ им. Шолом-Алейхема», 2012. - С. 68 - 69

13. Рассказов И.Ю. Численное моделирование современного поля тектонических напряжений в области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского поясов / И.Ю. Рассказов // Тихоокеанская геология. - 2006. - Т. 25. - № 5.

14. Моисеенко В.Г. Золоторудные месторождения Востока России / В.Г. Моисеенко, Л.В. Эйриш. – Владивосток: Дальнаука, 1996. - 352 с.

15. ГОСТ 8269.0-97. Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 1998. – 109 с.

16. ГОСТ 21153.2-84. Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном сжатии. - М.: Изд-во стандартов, 1984. – 10 с.

17. ГОСТ 21153.3-85. Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном растяжении. - М.: Изд-во стандартов, 1985. – 11 с.

18. ГОСТ 21153.1-75. Породы горные. Метод определения коэффициента крепости по Протоdjяконову. – М.: Изд-во стандартов, 1981.

19. ГОСТ 21153.8-88. Породы горные. Метод определения предела прочности при объемном сжатии. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 17 с.