

ՀՄՍՌ ԳԱ Երկրաբանական և աշխարհագրական
գիտությունների սերիա

ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՐԿՐԻ ՄԱՍԻՆ
НАУКИ О ЗЕМЛЕ
EARTH SCIENCES



ԽՄԲԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈԼԵԳԻԱ՝

Ա. Հ. Գաբրիելյան (պատ. խմբագիր), Ա. Տ. Ասլանյան,
Յ. Կ. Հակոբյան, Ս. Մ. Այվազյան, Ա. Բ. Բաղդասարյան,
Գ. Պ. Բաղդասարյան, Հ. Մ. Վանցյան, Ն. Ի. Դուրխանովա,
Ա. Ն. Քոչարյան (պատ. խմբագրի տեղակալ),
Ս. Ս. Մկրտչյան, Թ. Շ. Քաղեոսյան

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А. А. Габриелян (ответ. редактор), А. Т. Асланян,
Ц. Г. Акопян, С. М. Айвазян, А. Б. Багдасарян,
Г. П. Багдасарян, Г. М. Ванцян, Н. И. Долуханова,
А. Е. Кочарян (зам. отв. редактора), С. С. Мкртчян,
Т. Ш. Татевосян

МИНЕРАЛОГИЯ

С. И. БАЛАСАНЯН

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АКЦЕССОРНЫХ
МИНЕРАЛОВ И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ГРАНИТОИДАХ
СОМХЕТО-КАФАНСКОЙ ЗОНЫ

За последнее время интерес к акцессорным минералам и микроэлементам магматических пород значительно возрос. Исследователи все больше уделяют внимания характеру распределения акцессорных минералов и микроэлементов в магматических породах. Это естественно, так как они играют большую роль при выяснении отдельных петрогенетических сторон магматических явлений и имеют важное значение для установления генетической связи оруденения с магматизмом.

Добытый материал позволяет в известной мере выявить геохимические особенности гранитоидных комплексов Сомхето-Кафанской зоны. Эта первая попытка установить закономерности в распределении акцессорных минералов и в поведении микроэлементов в акцессориях разновозрастных интрузивных, жильных и контактово-измененных образований и, нет сомнения, что исследования в этом направлении следует в дальнейшем продолжить.

На основании существующего материала вскрыты также некоторые общие и отличительные черты геохимии интрузивов Сомхето-Кафанской и соседней Армянской тектонических зон.

В армянской части Сомхето-Кафанской зоны выделяются два разновозрастных интрузивных комплекса: 1) предверхнеюрский и 2) нижнемеловой. Они формировались в результате сопряженных с соответственными орогеническими движениями неоднократных вторжений кислой магмы в крупные антиклинории.

К первому комплексу относится Шамшадинская (Бердская) группа интрузивов, которая сформировалась в три фазы. В первую фазу внедрились плагиограниты, пользующиеся наибольшим распространением. В пределах плагиогранитов возникли довольно крупные трещины, по которым последовало вторжение дополнительных интрузивов плагиогранит-порфиров. Во вторую фазу образовались порфировидные плагиограниты, после которых имело место внедрение аляскитовых гранитов, относящихся к третьей фазе.

Ко второму комплексу принадлежат Алавердская и Цавская группы интрузивов. Первая размещается в Алавердском антиклинории, где самые ранние инъекции магмы представлены мелкими телами габброидов и

кварцевых габбро-диоритов. Формирование наиболее крупных интрузивов кварцдиоритового состава имело место во вторую фазу, синхронную с максимальным напряжением орогенных движений. Следующий этап ознаменовался вторжением плагиогранодиоритов и плагиогранодиорит—порфиров, а затем плагиогранитов и плагиогранит-порфиров¹. К последней фазе относятся граниты. Цавская группа тяготеет к Кафанскому антиклинорию. Она сформировалась благодаря двум последовательным фазам внедрения кислой магмы. Породы первой фазы характеризуются большим разнообразием петрографического состава, а породы второй фазы представлены гранитами.

С интрузивной деятельностью Сомхето-Кафанской зоны связано образование жильных пород двух этапов. К первому этапу относятся плагиоаплиты, аплиты, пегматиты, среднезернистые граниты, гранит-порфиры, а ко второму этапу — плагиоаплит-порфиры, микродиориты, кварцевые и бескварцевые диорит-порфириты и другие меланократовые разновидности.

Из всех генетических типов пород разновозрастных интрузивных комплексов отбирались образцы для получения искусственных шлихов с целью изучения в них акцессорных минералов. Все пробы для искусственных шлихов отбирались весом до 10 кг, причем в каждую пробу включалось несколько образцов одной и той же породы. Во всех искусственных шлихах преобладают магнитная и легкая фракции, затем идет электромагнитная фракция, которым резко подчинена неэлектромагнитная тяжелая фракция.

Изучение неэлектромагнитной тяжелой фракции около 200 искусственных шлихов показывает, что для разновозрастных гранитоидов комплекс акцессорных минералов представлен цирконом, апатитом, сфеном и рутилом. Редко попадаются барит, сфалерит, галенит, пирит, халькопирит, киноварь и др.

Наиболее характерными акцессорными минералами для главной массы гранитоидов являются циркон, апатит и сфен. Плагиограниты предверхнеюрского возраста характеризуются также постоянным присутствием рутила, чем они и отличаются от аналогичных пород нижнемелового возраста. Для нижнемелового интрузивного комплекса рутил является редкостью. В незначительном количестве он иногда появляется в породах второй фазы Алавердской группы и фаций эндоконтактов первой фазы Цавской группы.

Дополнительные интрузивы и жильные образования обоих этапов наследуют ассоциацию руководящих акцессорных минералов гранитоидов, что указывает на их генетическое единство.

Количественные соотношения акцессориев изменяются в разновозрастных интрузивных комплексах, а также в породах разных фаций и фаз одного и того же комплекса.

1. В направлении от ранних фаз к поздним и от пород главной ин-

¹ Плагиогранодиорит-порфиры и плагиогранит-порфиры по своим признакам близко подходят к дополнительным интрузивам.

трузивной фации к жильным образованиям первого этапа намечается возрастание содержания циркона и в большинстве случаев уменьшение — апатита и сфена. В аляскитовых гранитах предверхнеюрского возраста сфен либо отсутствует, либо встречается в виде единичных кристаллов, а количество апатита становится ничтожным. Для них руководящим акцессорным минералом фактически является только циркон. Нижнемеловые граниты отличаются от подобных пород предверхнеюрского интрузивного комплекса сравнительно повышенным содержанием апатита и сфена. Это объясняется некоторой контаминированностью нижнемеловых гранитов, что хорошо доказывается на примере Цавской группы интрузивов.

2. При переходе от пород главной интрузивной фации к породам фации эндоконтактов и от жильных образований первого этапа к таковым второго этапа происходит резкое убывание количества циркона и нарастание — сфена и апатита. В наиболее контаминированных породах нижнемелового комплекса циркон, как правило, отсутствует.

3. В породах главной интрузивной фации, дополнительных интрузивов и жильной фазы первого этапа циркон является доминирующим акцессорным минералом, после которого второе место обычно занимает апатит.

4. В породах фации эндоконтактов и жильной фазы второго этапа количественные соотношения акцессориев изменчивы, причем в зависимости от масштаба проявления процессов контаминации устанавливаются всевозможные комбинации. Так, в породах фации эндоконтактов предверхнеюрского интрузивного комплекса и поздних фаз нижнемелового времени сравнительно слабо проявлено явление ассимиляции и потому в них циркон преобладает над апатитом, которым подчинен сфен. В породах фации эндоконтактов ранних фаз нижнемелового времени, характеризующихся более интенсивной контаминированностью, обычно преобладает либо апатит, либо сфен, которым подчинен циркон.

5. Изменения в относительном содержании акцессорных минералов в породах ранних фаз более резкие, чем в гранитоидах поздних фаз, что объясняется уменьшением во времени интенсивности явлений ассимиляции в причинной зависимости от многих факторов. Это особенно хорошо наблюдается в разновременных инъекциях Цавской группы. Вообще содержание акцессориев подвергается широким колебаниям даже внутри отдельных типов пород одной и той же фазы, что является следствием их крайне неравномерного распределения в самых коротких пространственных интервалах.

Возрастание содержания апатита и сфена в породах фации эндоконтактов с доказанными признаками ассимиляции и их полное исчезновение или ничтожное количество в аляскитовых гранитах и связанных с ними жильных породах, лишенных видимых следов контаминации, свидетельствуют о том, что сфен и апатит своим происхождением обязаны, главным образом, процессам гибридизма. С другой стороны, резкое увеличение отмеченных акцессориев в жильных породах второго этапа указывает на явное гибридное происхождение последних. Это доказывается и тем, что для жильных образований второго этапа, наподобие пород фации эн-

доконтактов, типичны различные количественные соотношения руководящих акцессорных минералов.

Некоторые типоморфные особенности (размеры, цвет, формы кристаллов) одноименных акцессориев изменяются в разновозрастных гранитоидах, а также в породах разных фаз и фаций одного и того же возраста. Они нередко изменяются и в породах одной и той же фазы и потому различается несколько разновидностей одноименных акцессориев. При возрастании степени контаминированности пород размеры апатита и сфена нередко увеличиваются и, наоборот, уменьшаются размеры циркона. В породах фации эндоконтактов апатит иногда становится темноватым вследствие пылеобразных включений черного рудного минерала. Цирконы пород поздних фаз часто отличаются темной окрашенностью и обилием простых форм.

В акцессорных минералах установлено наличие 25 элементов, большинство которых является постоянным для того или иного акцессорного минерала. Наибольшее количество элементов обнаружено в цирконах и апатитах, а наименьшее — в рутилах.

Все акцессорные минералы независимо от их нахождения в разновозрастных интрузивных комплексах, а также в интрузивных и жильных породах разных фаз характеризуются постоянным присутствием из группы петрогенных элементов кремния, алюминия, магния, кальция; из группы элементов железа — титана, железа; из редких элементов — циркония.

Содержание перечисленных постоянных элементов изменяется как в различных акцессорных минералах, так и в одноименных акцессориях разных пород.

1. Намечается тенденция к возрастанию содержания магния, железа и титана в акцессорных минералах пород ранних фаз и жильных образований второго этапа нижнемелового интрузивного комплекса.

2. Количество магния в цирконах обычно меньше, чем в остальных акцессориях; в апатитах больше циркония в сравнении со сфенами и рутилами; в последних больше железа, чем в остальных акцессориях.

3. Наблюдается тенденция к нарастанию содержания алюминия в апатитах и рутилах при переходе от ранних гранитоидов к поздним предверхнеюрского возраста.

Цирконы постоянно содержат гафний, рутилы-ванадий, апатиты-церий и лантан. Эти редкие элементы, за исключением гафния, встречаются и в других акцессорных минералах. Особенно церий и лантан связаны также с цирконами и сфенами. Намечается тенденция к нарастанию содержания гафния в цирконах при переходе от ранних пород к поздним и жильным образованиям первого этапа. Из редких элементов ниобий обнаруживает тенденцию к накоплению в рутилах и сфенах, а иттрий и иттербий — во всех акцессориях, кроме рутилов.

Одноименные акцессорные минералы пород разных интрузивных комплексов и групп отличаются друг от друга наличием или же отсутствием ряда элементов, а также по содержанию и частоте их встречаемости.

Некоторые элементы в акцессорных минералах всегда являются не-

постоянными. К ним относятся из группы металлических элементов — серебро, свинец, цинк, медь; из группы петрогенных элементов — натрий, стронций; из группы металлоидов — мышьяк, сурьма, и из редких металлов — молибден.

Для выяснения поведения микроэлементов в интрузивных и связанных с ними жильных образованиях Сомхето-Кафанской зоны было произведено 850 спектральных полуколичественных анализов. Все они сравнивались с кларками, вычисленными А. П. Виноградовым [2]. С целью выявления характера пространственного распределения микроэлементов пробы для спектральных анализов отбирались из всех частей интрузивов, причем точки опробования располагались почти равномерно.

Микроэлементы по частоте встречаемости подразделены на четыре группы: 1) ведущие, установленные от 90 до 100% анализированных проб; 2) частые — от 50 до 90%; 3) редкие — от 10 до 50% и 4) редчайшие — от 1 до 10%.

Наиболее существенным общим признаком разновозрастных гранитоидов Сомхето-Кафанской зоны является постоянное присутствие в них таких микроэлементов, как титан, ванадий, медь, цирконий и галлий. Они установлены почти во всех анализированных пробах данной породы. Исключение представляют габброиды первой фазы Алавердской группы, в которых медь входит в группу частых элементов. Кроме того, частота встречаемости циркония и галлия незначительно падает в наиболее гибридных породах фации эндоконтактов первой фазы Цавской группы.

Указанные микроэлементы характерны также для жильных образований обоих этапов, в которых они попадают в группу ведущих элементов. Исключение составляет цирконий, который в основных представителях жильных пород второго этапа нижнемелового комплекса входит во вторую группу.

Таким образом, выявляется четкая картина большого сходства частоты встречаемости ведущих микроэлементов гранитоидов и жильных пород, что свидетельствует об общности их происхождения.

Ведущие микроэлементы обнаруживают различные содержания в породах разных фаз и фаций.

1. В направлении от ранних фаз к поздним и от пород главной интрузивной фации к жильным образованиям первого этапа намечается тенденция к возрастанию содержания циркония и галлия, но к уменьшению — титана. Поведение ванадия из группы железа в разновозрастных интрузивных комплексах несколько иное. Количество его примерно одинаково в породах главной интрузивной фации всех фаз и жильных образованиях первого этапа предверхнеюрского комплекса. Однако, содержание ванадия обычно уменьшается в нижнемеловых породах в указанном выше направлении.

2. Медь встречается в тысячных долях процента, за исключением краевых частей интрузивов, где иногда превышает кларковые содержания в 10 и 100 раз.

3. При переходе от пород главной интрузивной фации к породам фации эндоконтактов и от ранних жильных образований к более молодым происходит заметное возрастание количества титана и ванадия, но уменьшение — циркония и галлия.

4. В породах главной интрузивной фации и жильной фазы первого этапа ванадий и титан присутствуют в кларковых и ниже кларковых содержаниях, а в гибридных образованиях фации эндоконтактов и в породах первой фазы нижнемелового комплекса — выше кларков. Обратную тенденцию нередко обнаруживают галлий и цирконий.

Неравномерное содержание как ведущих, так и всех остальных микроэлементов часто наблюдается также в породах главной интрузивной фации одной и той же фазы и в жильных породах одинакового петрографического состава из различных частей данного интрузива.

К типичным микроэлементам интрузивных и жильных пород относятся бериллий, иттрий, иттербий и барий, которые входят в первую и вторую группы. Частота встречаемости бериллия, иттрия, иттербия возрастает в направлении от ранних фаз к поздним и от пород главной интрузивной фации к дополнительным интрузивам и жильным образованиям первого этапа. Прямо противоположная картина наблюдается при переходе от пород главной интрузивной фации к породам фации эндоконтактов и от ранних жильных пород к поздним. Бериллий и иттербий обычно присутствуют более чем в кларковых содержаниях, а иттрий — ниже. Барий обнаруживает тенденцию к накоплению в краевых частях интрузивов.

Частота встречаемости цинка и свинца возрастает в периферических частях интрузивов и в жильных образованиях второго этапа Алавердской группы.

Никель, кобальт и хром являются типичными микроэлементами для пород ранних фаз, фации эндоконтактов и жильных образований второго этапа с повышенной основностью. Частота встречаемости и содержания их находятся в причинной зависимости от интенсивности проявления процессов ассимиляции и гибридизма. Этим объясняется также то, что частота встречаемости этих элементов заметно возрастает при переходе от предверхнеюрских гранитоидов к нижнемеловым. В нормальных и аляскитовых гранитах и связанных с ними жильных породах первого этапа никель, кобальт и хром полностью отсутствуют. В наиболее загрязненных породах отмечают повышенные по сравнению с кларками содержания указанных элементов в 10—20, иногда 100 раз. По частоте встречаемости и по содержанию первое место обычно занимает никель, затем идут кобальт и хром.

Жильные образования обоих этапов наследуют комплекс характерных микроэлементов гранитоидов. По комплексу микроэлементов, их частоте встречаемости и содержаниям жильные породы первого этапа сходны с гранитоидами главной интрузивной фации поздних фаз, а жильные образования второго этапа — с породами ранних фаз и фации эндоконтактов.

К непостоянным микроэлементам относятся цинк, свинец, молибден, стронций, олово, скандий, серебро, церий, лантан, вольфрам и гафний. Они обычно входят в третью и четвертую группы. Из них во вторую группу редко попадают олово и скандий в интрузивных породах, цинк и свинец—в жильных породах второго этапа и олово—в аплитах и жильных гранитах. Вообще олово обнаруживает связь с гранитами, granoап-литами и жильными гранитами. Следовательно, типичными для третьей и четвертой групп микроэлементами являются молибден, стронций, серебро, церий, лантан, вольфрам и гафний.

Все микроэлементы по поведению можно подразделить на три группы:

а) Микроэлементы, обнаруживающие тенденцию к накоплению в краевых частях гранитоидных интрузивов. К ним относятся медь, цинк, свинец и барий;

б) Микроэлементы, обнаруживающие тенденцию к накоплению в породах поздних фаз, главной интрузивной фации, жильной фазы первого этапа и дополнительных интрузивов. К ним относятся цирконий, галлий, бериллий, иттербий, иттрий, молибден, олово, лантан и церий;

в) Микроэлементы, обнаруживающие тенденцию к накоплению в породах ранних фаз, фации эндоконтактов и жильной фазы второго этапа. К ним относятся титан, ванадий, никель, кобальт, хром, отчасти скандий.

Микроэлементы первых двух групп имеют магматическое происхождение (привносились из магматических источников), а главная масса микроэлементов третьей группы (видимо, за исключением некоторой части титана и ванадия) заимствовывалась из вмещающей среды. Частота встречаемости и содержания последних двух групп микроэлементов могут дать представление о степени контаминированности гранитоидов. Изредко встречающихся микроэлементов лантан и церий привносились также постмагматическими растворами, о чем свидетельствует их высокое содержание в альбититах.

Постмагматически измененные интрузивные породы характеризуются наличием ведущих микроэлементов: бария, стронция, бериллия, иттрия и иттербия. С альбититами связаны также скандий, лантан и церий.

Рассмотрение 500 спектральных анализов показывает, что контактово измененные породы характеризуются наличием почти тех же микроэлементов, что и гранитоиды. Часть из них (никель, кобальт, хром и др.) заимствована из вмещающих пород, а другая часть (цирконий, бериллий, галлий, иттрий, иттербий, молибден и др.) привносилась из магмы в контактовую оболочку.

В сравнительно высокотемпературных контактовых породах (плагноклаз-пироксеновые, амфибол-плагноклазовые роговики и др.) значительную роль играют микроэлементы исходных пород, в то время как в кварцсодержащих роговиках и гидротермально-измененных породах главенствующая роль принадлежит привнесенным микроэлементам.

Для всех типов измененных пород характерно постоянное присутствие титана, ванадия и меди и потому последние попадают в группу

ведущих микроэлементов. Содержание меди увеличивается в продуктах гидротермальной деятельности, а ванадия — в контактовых роговиках.

К типичным микроэлементам относятся также цирконий, галлий и барий, частота встречаемости и содержания которых возрастают при переходе от сравнительно высокотемпературных контактовых пород к низкотемпературным гидротермальным образованиям. Таковую же тенденцию в общих чертах обнаруживают цинк, свинец, стронций, бериллий, иттербий и иттрий.

Барий и галлий являются ведущими микроэлементами для всех контактово-измененных пород, связанных с предверхнеюрским интрузивным комплексом.

Никель, кобальт, хром — типичные микроэлементы для контактовых пород с повышенным содержанием цветных минералов. В них они обычно входят в первую или вторую группы. Частота встречаемости их резко падает в кварцсодержащих роговиках, а в гидротермально измененных образованиях они полностью исчезают. По частоте встречаемости первое место занимает никель, затем идут кобальт и хром. Как видно, в поведении этих микроэлементов наблюдается та же картина, что и в гранитоидах.

В настоящее время геохимические особенности интрузивных пород Армянской тектонической зоны также не могут быть выявлены в полной мере, поскольку исследования акцессорных минералов и характера распределения микроэлементов большинства интрузивов только начаты.

Б. М. Меликсетяном [4, 5 и др.] проведены детальные исследования по изучению комплекса акцессорных минералов и микроэлементов в разнофазных породах Мегринского интрузива третичного возраста. В результате проведенных детальных минералого-геохимических исследований указанным автором выявлены интересные закономерности в распределении акцессориев и микроэлементов. Прежде всего им установлено наличие следующего комплекса акцессорных минералов, встречающегося в породах всех фаз интрузива: магнетит, сфен, апатит, циркон, ортит, пирит, халькопирит, молибденит. Содержание сфена, апатита и ортита убывает от пород ранней фазы к породам поздней фазы, а количество циркона повышается в породах поздних фаз, слабо контаминированных центральных и глубоких частях интрузива.

Б. М. Меликсетяном выделяются и акцессорные минералы, характерные для пород только данной фазы. Так, для пород монцонитового ряда характерными акцессорами являются — титаномагнетит, ильменит, темный апатит, монацит, оранжит, шпинель, гранат, андалузит, турмалин, арсенопирит, сфалерит; грано-сиенитовых пород — шеелит, флюорит, рутил, самородные цинк и медь; для порфировидных гранитов — ураноторит, ксенотим, малакон, анатаз, эвксенит, касситерит, самородные свинец и олово, уранинит, висмутин; для щелочных сиенитов с признаками натриевого метасоматоза — бадделеит, бетафит, корунд, флюорит, кальцит.

Согласно Б. М. Меликсетяну [4], породы каждой фазы характеризу-

ются также определенными микроэлементами. В монцонитовых породах к ведущим микроэлементам относятся барий, цинк, кобальт, никель, галлий, хром, титан, ванадий, медь, церий, лантан, скандий; в грано-сиенитовых породах — литий, цирконий, гафний, галлий, вольфрам, медь, свинец, молибден; в эндоконтактах — титан, ванадий, хром, никель, кобальт; в порфиридных гранитах — молибден, медь, висмут, олово, лантан, иттрий, уран, торий, литий, бериллий, рубидий, цезий, цирконий, гафний, ниобий, тантал. Он указывает на исключительную «зараженность» всех пород молибденитом и медью.

Как отмечает Б. М. Меликсетян [4, 5], дополнительные интрузивы и кислые жильные породы раннего этапа наследуют ассоциации типоморфных акцессорных минералов и микроэлементов соответствующей интрузивной фазы, а жильные породы позднего этапа и эндоконтактовые фации отличаются обеднением редкоземельными, радиоактивными и редкометальными акцессориями. При переходе от ранних фаз к более поздним и от пород главной интрузивной фации к породам дополнительных интрузивов и жильной фазы первого этапа, по данным Б. М. Меликсетяна, намечается тенденция к повышению содержания иттрия, суммы редких земель, циркония, гафния, урана, тория, лития, бериллия, ниобия, тантала, церия, рубидия, но к понижению — стронция, бария, цинка, бора и элементов группы железа.

В геологической литературе имеются и некоторые данные об акцессорных минералах и микроэлементах в интрузивах Памбако-Базумской группы третичного возраста.

Сравнительно хорошо изучен комплекс акцессорных минералов щелочных пород. По данным А. Г. Мидяна, для них характерны: сфен, циркон, циртолит, апатит, ортит, пирохлор, оранжит, торит, монацит, флюорит, топаз. Из рудных акцессориев в них присутствуют халькопирит, сфалерит, галенит, висмутин, молибденит, вольфрамит, шеелит, самородные золото, олово и свинец. Согласно А. Г. Мидяну, сфен является одним из самых распространенных акцессорных минералов щелочных пород, содержание которого иногда достигает 10—15%. Его количество особенно возрастает в гибридизированных меланократовых разностях. Циркон встречается в виде рассеянных зерен. Он бесцветный, зеленоватый, розоватый и коричневатый. Формы кристаллов окрашенных цирконов по сравнению с бесцветными более разнообразны.

Судя по результатам микроскопических исследований комплекс акцессорных минералов гранитоидов Памбако-Базумской группы сходен с таковыми Мегринского интрузива.

На основании имеющихся немногочисленных спектральных анализов можно сделать некоторые предварительные выводы относительно распределения микроэлементов в интрузивных породах Памбако-Базумской группы.

Из микроэлементов в габброндах установлено наличие никеля, кобальта, титана, ванадия, хрома, реже циркония, галлия, меди, свинца и цинка.

В гранитоидах присутствуют ванадий, цирконий, медь, свинец, цинк, галлий, бериллий, олово, стронций, барий, церий, лантан, молибден, иттербий, скандий, никель, кобальт, титан, хром.

Комплекс микроэлементов порфиroidных гранитов представлен молибденом, цирконием, ванадием, медью, цинком, свинцом, галлием, бериллием, стронцием, барием, бором, серебром, германием, висмутом, торием, никелем, кобальтом, титаном, хромом, церием, лантаном.

Щелочные породы характеризуются более богатой ассоциацией микроэлементов. Их микроэлементы: цирконий, ванадий, титан, медь, свинец, олово, галлий, бериллий, лантан, церий, иттрий, иттербий, молибден, серебро, цинк, кадмий, барий, германий, гафний, ниобий, сурьма, никель, хром, скандий.

В акцессорных минералах щелочных пород, по данным Г. Е. Кочиняна, встречаются также уран, торий, европий, гадолиний, эрбий и лютеций. Он отмечает о тесной связи редких земель с ураном и торием.

Как видно, многие микроэлементы являются сквозными, встречающимися в породах всех фаз. Однако, породы отдельных фаз внедрения отличаются по частоте встречаемости и содержанию одних и тех же микроэлементов. Так, габброиды характеризуются постоянным присутствием никеля, кобальта, хрома, титана и ванадия. Частота встречаемости первых трех элементов резко падает при переходе от пород ранних фаз к более поздним. Если цирконий, галлий, медь, свинец и цинк присутствуют в основных породах весьма редко, то частота встречаемости и содержания их увеличиваются в породах поздних фаз. Намечается тенденция к повышению частоты встречаемости бериллия, церия, лантана в породах поздних фаз.

Некоторые микроэлементы имеют почти одинаковую распространенность в породах всех фаз, за исключением габброидов. К ним относятся титан, ванадий, молибден, свинец, цинк, медь.

Выделяются и микроэлементы, присущие породам только данной фазы. Например, гафний, ниобий, уран и др. типичны для щелочных пород.

По комплексу микроэлементов порфиroidные граниты как бы занимают промежуточное положение между гранитоидами второй фазы и щелочными породами. По наличию серебра, германия, тория, отсутствию кобальта и высокой частоте встречаемости церия и лантана они отличаются от гранитоидов второй фазы, но весьма близко стоят к щелочным породам. Вообще по многим петрогенетическим признакам порфиroidные граниты занимают переходное положение между породами второй и четвертой фазами, но ближе всего они стоят к щелочным породам.

Как видно из вышеприведенных данных, третичные интрузивные породы Армянской тектонической зоны характеризуются более богатой ассоциацией акцессорных минералов и микроэлементов, чем мезозойские гранитоиды Сомхето-Кафанской зоны. От последних они отличаются:

а) присутствием в комплексе акцессориев таких редких минералов как ураноторит, уранинит, ксенотим, эвксенит, оранжит, монацит, ортит,

турмалин; б) наличием ряда редких элементов — лития, висмута, урана, тория, ниобия, тантала, германия, кадмия, бора, рубидия, цезия, сурьмы.

С другой стороны, интрузивные породы обеих тектонических зон сходны между собой по целому комплексу акцессорных минералов и микроэлементов. Однако, они отличаются друг от друга по типоморфным признакам и содержаниям одноименных акцессорных минералов, а также по частоте встречаемости и количествам одних и тех же микроэлементов. Так, при переходе от мезозойских гранитоидов Сомхето-Кафанской зоны к третичным интрузивным породам Армянской зоны в самых общих чертах намечается: а) увеличение количества магнетита, титаномагнетита, сфена, но убывание — циркона; б) возрастание частоты встречаемости и содержания молибдена, вольфрама, церия, лантана, но уменьшение циркония, галлия, бериллия, иттрия, иттербия, бария и стронция.

Приведенный материал позволяет еще раз подтвердить высказанное в наших работах [1 и др.] положение о том, что специфика вещественного состава интрузивных пород Армении изменяется во времени.

Ереванский государственный
университет

Поступила 27.XI. 1962.

Ս. Բ. ԲԱԿԱՍԱՆՅԱՆ

ԱՔՅԵՍՈՐ ՄԻՆԵՐԱԿՆԵՐԻ ԵՎ ՄԻԿՐՈԷԼԵՄԵՆՏՆԵՐԻ ԲԱՇԽՄԱՆ ՕՐԻՆԱԶՈՒՓՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ՍՈՄԽԵԹԱ-ՂԱՓԱՆԻ ԴՈՏՈՒ ԳՐԱՆԻՏՈՒԴՆԵՐՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հավաքված փաստական նյութի հիման վրա հողվածում շարադրված են Սոմխեթա-Ղափանի գոտու տարբեր հասակի ինտրուզիվ, երակային և կոնտակտային ապառների աքցեսոր միներալների և միկրոէլեմենտների բաշխման մեջ նկատվող օրինաչափությունները:

Հողվածում բացահայտված են նաև Սոմխեթա-Ղափանի և նրա կից Հայկական տեկտոնական գոտիների ինտրուզիաների գեոքիմիայի մի շարք ընդհանուր և տարբերիչ գծերը:

Սոմխեթա-Ղափանի գոտու գրանիտոիդներում աքցեսոր միներալները ներկայացված են ցիրկոնով, ապատիտով, սֆենով, ռուտիլով, երբեմն բարիտով, սֆալերիտով, գալենիտով, պիրիտով, խալկոպիրիտով և ուրիշներով: Ամենաբնորոշ աքցեսորներին պատկանում են ցիրկոնը, ապատիտը և սֆենը: Լրացուցիչ ինտրուզիաները և երակային ապառները ժառանգում են գրանիտոիդների զեկավարող աքցեսոր միներալների ասոցիացիան, որը վկայում է նրանց գենետիկական միասնության մասին:

Աքցեսորների քանակական հարաբերությունները և նրանց մի շարք տիպոմորֆ հատկանիշները ենթարկվում են փոփոխման ինչպես տարբեր հասակի ինտրուզիվ կոմպլեքսներում, այնպես էլ միևնույն կոմպլեքսի տարբեր փուլերի և ֆացիաների ապառներում:

Աբցեսոր միներալներում հայտնաբերված են շուրջ 25 էլեմենտներ: Բոլոր հասակի և դենետիկական տիպի ինտրուզիվ և երակային ապառների աբցեսորները բնութագրվում են սիլիցիումի, ալյումինիումի, մագնեզիումի, կալցիումի, տիտանի, երկաթի և ցիրկոնիումի մշտական պարունակությամբ: Հիշատակված էլեմենտների քանակությունը փոփոխվում է տարանուն աբցեսորներում և տարբեր ապառների նույնանուն աբցեսոր միներալներում:

Ինտրուզիվ կոմպլեքսների և նրանց ապառների նույնատիպ աբցեսորները իրարից տարբերվում են այս կամ այն խմբի էլեմենտների ներկայությամբ, ինչպես նաև նրանց քանակությամբ և տարածման հաճախականությամբ: Հազվագյուտ էլեմենտներից մի մասը կապված է որոշակի աբցեսորների հետ:

Տարահասակ գրանիտոիդների ամենադիսավոր դեոքիմիական առանձնահատկություններից մեկը հանդիսանում է այնպիսի միկրոէլեմենտների մշտական ներկայությունը, ինչպիսիք են տիտանը, վանադիումը, պղինձը, ցիրկոնիումը և գալիումը: Այս միկրոէլեմենտները բնորոշ են նաև երակային ապառների համար: Սակայն նրանց քանակությունը խիստ կերպով փոփոխվում է տարբեր փուլի ինտրուզիաներում, ինչպես նաև երկու էտապի երակներում:

Երակային առաջացումները ժառանգում են գրանիտոիդների համարյա բոլոր միկրոէլեմենտների կոմպլեքսը, ըստ որում առաջին էտապի երակները միկրոէլեմենտների ասոցիացիայով, նրանց տարածման հաճախականությամբ և քանակությամբ նման են ուշ փուլերի գլխավոր ինտրուզիվ ֆացիային, իսկ երկրորդ էտապի երակները՝ հին փուլերի և էնդոկոնտակտային ֆացիայի ապառներին:

Բոլոր միկրոէլեմենտները տեղաբաշխման բնույթից ելնելով կարելի է ստորաբաժանել 3 խմբերի՝ ա) միկրոէլեմենտներ, որոնք ցուցաբերում են գրանիտոիդային ինտրուզիաների ծայրամասերում կուտակվելու տենդենցիա, բ) միկրոէլեմենտներ, որոնք ցուցաբերում են տենդենցիա կուտակվելու ուշ փուլերի գլխավոր ինտրուզիվ ֆացիայի, յուրաքանչյուր էտապի երակային և լրացուցիչ ինտրուզիաների ապառներում, գ) միկրոէլեմենտներ, որոնք ցուցաբերում են տենդենցիա կուտակվելու հին փուլերի էնդոկոնտակտային ֆացիայի և երկրորդ էտապի երակային ապառներում:

Առաջին երկու խմբի միկրոէլեմենտները բերվել են մագմատիկ օջախներից, իսկ երրորդ խմբի միկրոէլեմենտների գլխավոր մասը փոխառնվել է պարունակող միջավայրից: Վերջին երկու խմբի միկրոէլեմենտների քանակությունը և տարածման հաճախականությունը թույլ են տալիս դատելու գրանիտոիդների կոնտամինացիայի աստիճանի մասին:

Անհրաժեշտ է նշել, որ աբցեսոր միներալների և միկրոէլեմենտների տեղաբաշխման մեջ նկատվող օրինաչափությունները հիմնականում բացատրվում են երկրակեղևի վերին հորիզոններում թթու մագմայի ասիմիլյացիայի և հիբրիդիզմի պրոցեսներով:

Կոնտակտային փոփոխված ապառները բնութագրվում են գրանիտոիդների համարյա բոլոր միկրոէլեմենտների ներկայությամբ: Նրանցից մի մասը փոխառնվել է սկզբնական կողային ապառներից, իսկ մյուս մասը կոնտակտային պատյան է բերվել մագմայից: Համեմատաբար բարձր ջերմաստիճանի կոնտակտային եղջրաքարերում դերակշռում են ելքային ապառների միկ-

րոտէլեմենտները, իսկ հիդրոթերմալ փոփոխված առաջացումներում գլխավոր դերը պատկանում է բերված միկրոէլեմենտներին:

Հայկական տեկտոնական գոտու երրորդական ինտրուզիաները բնորոշ են աքցեսոր միներալների և միկրոէլեմենտների ավելի հարուստ ասոցիացիայով, քան Սոմխեթա-Ղափանի գոտու մեզոզոյան գրանիտոիդները: Վերջիններիցս նրանք տարբերվում են մի շարք հազվագյուտ աքցեսոր միներալների և միկրոէլեմենտների ներկայությամբ: Մյուս կողմից երկու տեկտոնական գոտու ինտրուզիաները իրար նման են աքցեսոր միներալների և միկրոէլեմենտների մի ամբողջ կոմպլեքսով: Սակայն նրանք իրարից տարբերվում են միատեսակ աքցեսոր միներալների տիպամորֆ հատկանիշներով և պարունակությամբ, ինչպես և նույն միկրոէլեմենտների տարածման հաճախականությամբ ու քանակություններով:

Հողվածում շարադրված նյութը թույլ է տալիս հաստատելու հեղինակի կողմից արտահայտված այն դրույթը, որ Հայաստանի ինտրուզիաների նյութական կազմի սպեցիֆիկան ժամանակի ընթացքում փոփոխվել է:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Баласаян С. И. Характеристика химического состава разновозрастных интрузивных комплексов Армении. Тр. Ер. ГУ, т. 75, вып. 4, 1961.
2. Виноградов А. П. Закономерности распределения химических элементов в земной коре. Геохимия АН СССР, № 1, 1956.
3. Котляр В. Н. Памбак. Изд. АН АрмССР, 1958.
4. Меликсетян Б. М. Некоторые минералого-геохимические особенности Мегринского плутона. Тр. первой Закав. конф. молодых науч. сотrud. 1959.
5. Меликсетян Б. М. Акцессорные минералы в породах Мегринского плутона. Изв. АН АрмССР, сер. геол. и геогр. наук, т. XIII, № 2, 1960.

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

П. П. ЦАМЕРЯН, В. Е. ВАРТАНЕСОВ

О МЕТОДИКЕ РАЗВЕДКИ ДЖИНДАРИНСКОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ

1. Введение

Вопросы разработки рациональных методов разведки месторождений полезных ископаемых представляют определенный научный и практический интерес, но работы в этом направлении осуществляются совершенно недостаточными темпами.

Как указано в «Решениях научно-технического совещания по методике разведки месторождений полезных ископаемых» (Москва, 19—24 декабря 1960 г.), богатый материал, накопившийся в геологоразведочных организациях по разведанным месторождениям, необходимо подвергнуть исчерпывающему анализу для целей разработки научно-обоснованной, рациональной методики разведки применительно к различным видам полезных ископаемых, промышленным и морфологическим типам месторождений.

Организованная в этих целях в ИГН небольшая группа (в лице авторов данной статьи) приступила к анализу материалов по разведанным в Армянской ССР медно-молибденовым и медным месторождениям прожилково-вкрапленного типа.

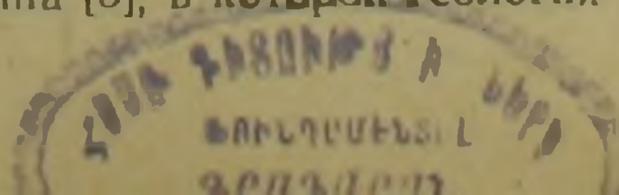
Приведенные ниже результаты анализа геологоразведочных материалов, проведенного пока только по одному Джиндаринскому месторождению, выводы и предложения по рациональной методике разведки, которые можно рекомендовать для новых месторождений этого типа, следует рассматривать лишь как предварительные.

Более обоснованные выводы будут сделаны после завершения соответствующих исследований по другим, аналогичным по морфологии и генезису, месторождениям республики.

2. Краткие сведения о геологическом строении месторождения

Район месторождения сложен интрузивными породами кислого и среднего состава, которые входят в состав крупнейшего в Закавказье Ордубадо-Мегринского интрузивного массива (батолита).

Геологическому строению этого сложного плутона или его частей посвящены работы многочисленных исследователей. Среди них следует выделить монографию С. С. Мкртчяна [5], в которой геология обширной об-



ласти с многочисленными рудными месторождениями описана по данным собственных наблюдений с обобщением материалов предыдущих исследователей.

Ордубадо-Мегринский плутон состоит из нескольких разновременных внедрившихся интрузий. О количестве фаз внедрения имеются различные взгляды, но с наибольшей определенностью выделяются три фазы интрузивной деятельности: 1) монцонитовая, 2) банатитовая и 3) порфиоровидных гранодиоритов.

В районе, непосредственно примыкающем к Джиндаринскому месторождению, широко развиты породы первой и третьей фаз интрузии, причем граница между ними на значительном протяжении проходит по тектоническому разлому северо-западного простирания, известному под названием Таштунского (Дебаклинского). Северную и восточную части месторождения слагают породы, относящиеся к первой фазе внедрения: кварцевые диориты, гранодиориты и вторичные кварциты. Породы третьей фазы — порфиоровидные гранодиориты и сменяющие их к востоку гранодиорит-порфиры занимают юго-западную и центральную части месторождения (фиг. 1).

Гранодиорит-порфиры представляют, по Л. Г. Тер-Абрамяну и А. Е. Исаханяну [1], самостоятельное интрузивное тело, залегающее между порфиоровидными гранодиоритами (в лежащем боку) и кварцевыми диоритами. К. А. Карамян [3] рассматривает гранодиорит-порфиры как породы эндоконтактной полосы интрузии порфиоровидных гранодиоритов, образующей в районе месторождения заливообразный выступ.

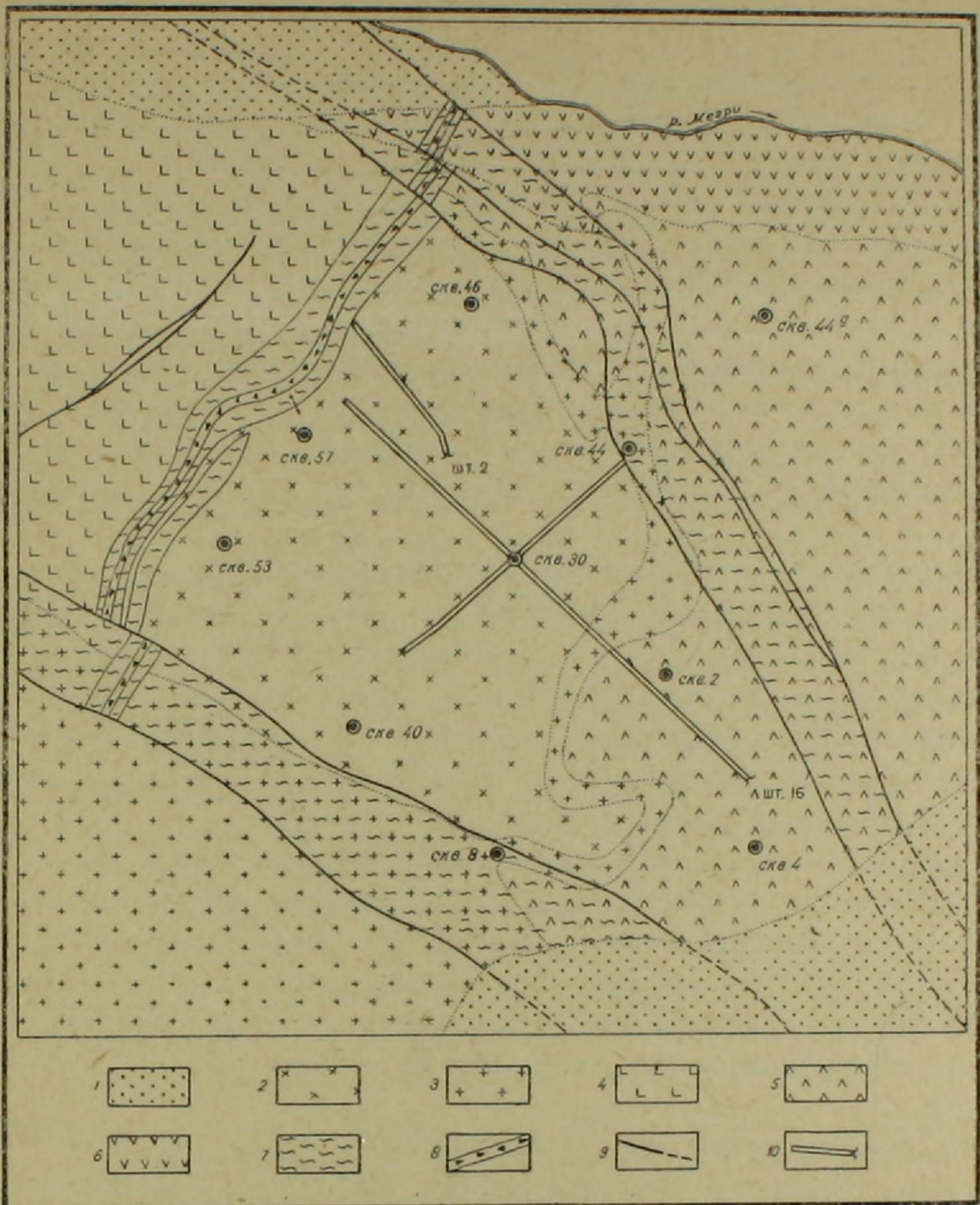
На месторождении прослеживаются две зоны крупных тектонических нарушений: Таштунский разлом и Личкинское нарушение. Таштунский разлом, по данным Л. Г. Тер-Абрамяна, делится в районе Джиндаринского месторождения на две ветви, которые, ограничивая месторождение с юго-запада и северо-востока, вновь соединяются у сел. Нор-Аревик, в 5 км южнее месторождения.

Нарушения представлены мощными зонами сильно раздробленных гидротермально измененных пород, причем восточная ветвь выражена менее отчетливо. Личкинское нарушение имеет северо-восточное простирание и представлено тектонической брекчией, сопровождающейся глиной трения; в пределах месторождения прослеживается на 500 м.

Основной рудовмещающей средой являются гранодиорит-порфиры, подвергшиеся интенсивному гидротермальному изменению (серицитизации, окварцеванию, каолинизации). Порода пронизана тонкой сетью кварцевых прожилков с вкрапленностью халькопирита, пирита, борнита и местами с примазками молибденита.

3. Вопросы методики разведки

Несовершенство методики геологоразведочных работ является одной из причин, приводящих к значительному растягиванию сроков разведки, а также к неправильной оценке месторождений полезных ископаемых.



Фиг. 1. Схематическая геологическая карта месторождения с планом выработок в стадию предварительной разведки.

1—Аллювиальные, делювиальные, пролювиальные отложения, 2—гранодиорит-порфиры, 3—порфировидные гранодиориты, 4—гранодиориты, 5—кварцевые диориты, 6—вторичные кварциты, 7—зоны тектонических нарушений, 8—крупнобрекчированные окварцованные породы, 9—граница тектонических нарушений, 10—разведочные выработки.

Анализ материалов разведочных работ, производившихся на Джиндаринском месторождении в течение 10 лет, позволяет критически рассмотреть методику их проведения и сделать некоторые выводы. Из большого комплекса вопросов, относящихся к методике разведки, здесь выделяются лишь главные, а именно: а) стадии (или этапы) разведки, б) рациональные системы разведки и в) плотность разведочной сети. Вопросы опробования рассматриваются отдельно.

а) Стадии разведки

Собственно разведочные работы подразделяются на три стадии: предварительную, детальную и эксплуатационную. На каждой стадии должны разрешаться вполне определенные, присущие ей задачи.

Согласно формулировке В. М. Крейтера (4) *предварительная разведка* выясняет *общие размеры* (масштабы) месторождения и дает *приближенное представление* о форме и размерах основных тел полезного ископаемого, его качествах, запасах и горно-технических условиях. Задача *детальной разведки* сводится к получению *всех необходимых данных* для передачи месторождения в промышленное освоение, с выяснением *с высокой степенью точности* структурно-морфологических особенностей месторождения, расчленением полезного ископаемого по природным типам и сортам и т. д.

Несмотря на довольно четкое разграничение задач (а в связи с ними — методов и технических приемов) разведки на различных ее стадиях, анализ материалов разведки на Джиндаре показал, что развитие разведочных работ на месторождении происходило лишь в зависимости от роста технических и финансовых возможностей разведочной партии. В результате — еще не выполнив задач первого этапа, т. е. предварительной разведки, последняя переросла в детальную разведку.

Такое отступление от правил соблюдения стадийности можно допустить лишь в тех случаях, когда заведомо очевидно крупное промышленное значение месторождения и разведку его следует всячески форсировать. Однако этого нельзя сказать о Джиндаринском месторождении, поскольку вопрос о рентабельности разработки его, как самостоятельного объекта, дебатировался при рассмотрении запасов по данным *детальной разведки*.

На Джиндаринском месторождении в 1931 г., а затем в 1948 г. производились поисково-разведочные работы. Собственно разведочные работы были начаты в 1949 г. и продолжались без перерыва до 1958 г.

В начальный период разведки (1949—1952 гг.) на месторождении были заложены 4 штольни (2, 9, 10 и 11) на трех горизонтах и начато бурение скважин глубиной до 200 м.

В последующие годы горно-разведочные работы проводились в основном на горизонтах уже заложенных штолен, а скважины бурились на глубину 200—300 м. В течение 10-летнего периода никаких принципиальных изменений в методике или технических способах разведки не произошло. Поэтому не представляется возможным более или менее четко разграничить предварительную разведку от детальной. Можно лишь условно отнести к стадии предварительной разведки геологоразведочные работы 1949—1952 гг. Правда, на этом этапе разведки остался невыясненным не только вопрос экономической рентабельности разработки Джиндаринского месторождения. Остались недостаточно выясненными и некоторые важнейшие вопросы геологического строения месторождения, как например: морфология тела гранодиорит-порфиоров (дайка, самостоятельный шток, или

апофиза интрузива гранодиорит-порфиров?), элементы залегания восточной ветви Таштунского разлома и др.

Необходимо отметить, что и после детальной разведки Джиндаринского месторождения, к которой относится период 1953—1958 гг., не все эти вопросы можно считать однозначно разрешенными.

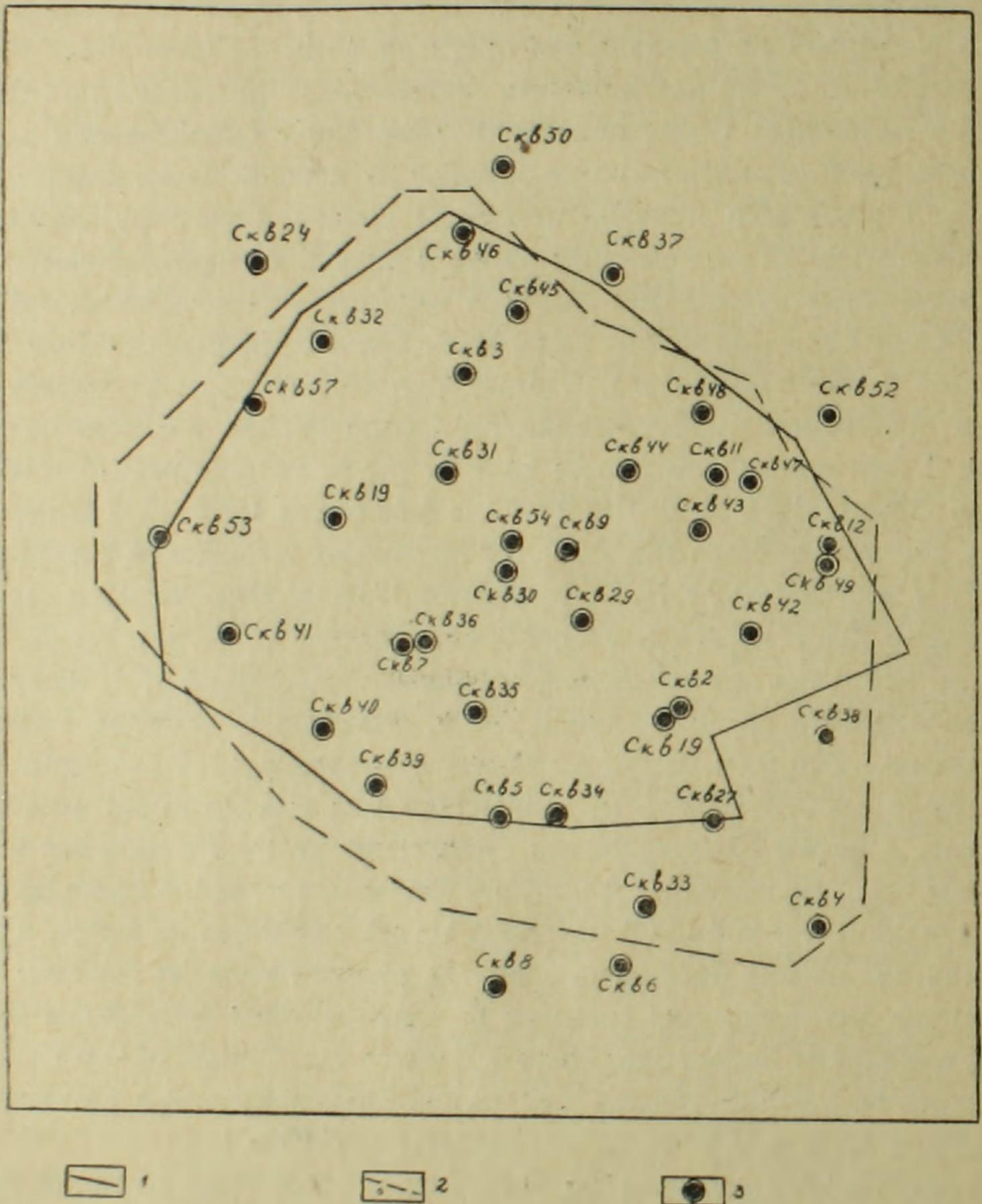
Детальная разведка месторождения производилась несмотря на незначительность запасов, подсчитанных в результате предварительной разведки, а также отсутствие к тому времени обоснованных и утвержденных кондиций. Продолжение детальной разведки из года в год обосновывалось ежегодным приростом оперативных запасов меди. Однако, после утверждения кондиций — в последний год разведки — пришлось пересмотреть эти запасы в сторону их уменьшения почти на 40%.

Следовало строго разграничить стадии предварительной или оценочной [2] и детальной (промышленной) разведки с определением, по возможности, необходимого комплекса работ на каждой из этих стадий. Нарушение стадийности привело в данном случае к резкому увеличению продолжительности разведочных работ и низкой их эффективности.

Тщательный анализ фактического материала за весь 10-летний период разведки показывает, что для общей оценки Джиндаринского месторождения и обоснования его детальной разведки, в предшествующую ей стадию предварительной разведки следовало пройти штольни не более, чем на 2 горизонтах, отстоящих друг от друга по вертикали на 80—100 метров. Проходить в 1949—1952 гг. все 4 штольни (2, 9, 11, 10) не следовало, а достаточно было ограничиться проходкой штольни № 2 на горизонте 1795 м и штольни № 16 на горизонте 1719 метров. Этими штольнями необходимо было пересечь и опробовать рудное тело, установив, таким образом, элементы его залегания, основные структуры и т. д. Штольню 2 следовало пройти на длину около 200 м, штольню 16 — 500 м, а вместе с рассечками — 800 п. м. Всего в стадию предварительной разведки достаточно было пройти 1000 п. м. горизонтальных горных выработок. Одновременно, с целью оконтуривания оруденения на месторождении и установления его перспектив на флангах и глубине, следовало пробурить от 8 до 10 скважин (по 200—300 метровой сетке) глубиной до 200 м, причем, одну или две из них пробурить в центре рудного поля до глубины 400—500 метров для выяснения границы распространения оруденения на глубине и выявления возможных слепых рудных тел. Общій объем разведочного бурения, рекомендуемый для стадии предварительной разведки, составляет от 1800 до 2300 п. м., а в среднем — 2000 п. м.

Сопоставление контуров рудного тела по разрезам, составленным, в одном случае, по данным скважин и в другом — штолен и скважин показывает, что контуры, полученные в обоих случаях почти одинаковы. Из приведенной схемы (фиг. 2) явствует, что контур рудного тела, проведенный по скважинам в стадию предварительной разведки, мог характеризовать в общих чертах действительный контур оруденения Джиндаринского месторождения. Данные глубоких скважин позволили бы выяснить нижнюю границу оруденения. Следовательно, буровые скважины на стадии

предварительной разведки в Джиндаре, в принципе, применять целесообразно. Следует, однако, оговориться, что, учитывая общие недостатки разведочного колонкового бурения (невозможность непосредственного наблюдения в скважине, недостаточный выход керна при возможном выборочном истирании его и др.), данные разведочных скважин на Джиндаринском месторождении нельзя считать достаточными для установления количества и качества полезного ископаемого. Поэтому, мы считаем нецелесообразным применение на Джиндаринском месторождении только разведочного бурения без проходки горных выработок, особенно в стадию детальной разведки.



Фиг. 2. Сопоставление контуров рудного тела в плане.

- 1—Контур оруденения по данным горных выработок и буровых скважин,
2—контур оруденения по данным буровых скважин, 3—скважины, пробуренные на месторождении.

Построения показали, что для предварительной разведки Джиндаринского месторождения достаточно пробурить не более 10 скважин, рационально расположенных по разреженной (от 200 до 300 м) сети, кото-

рые в обязательном сочетании с горноразведочными выработками на 2-х горизонтах, отстоящих друг от друга на 80—100 м по вертикали, обеспечивают разрешение задач, стоящих перед этой стадией разведки (фиг. 1).

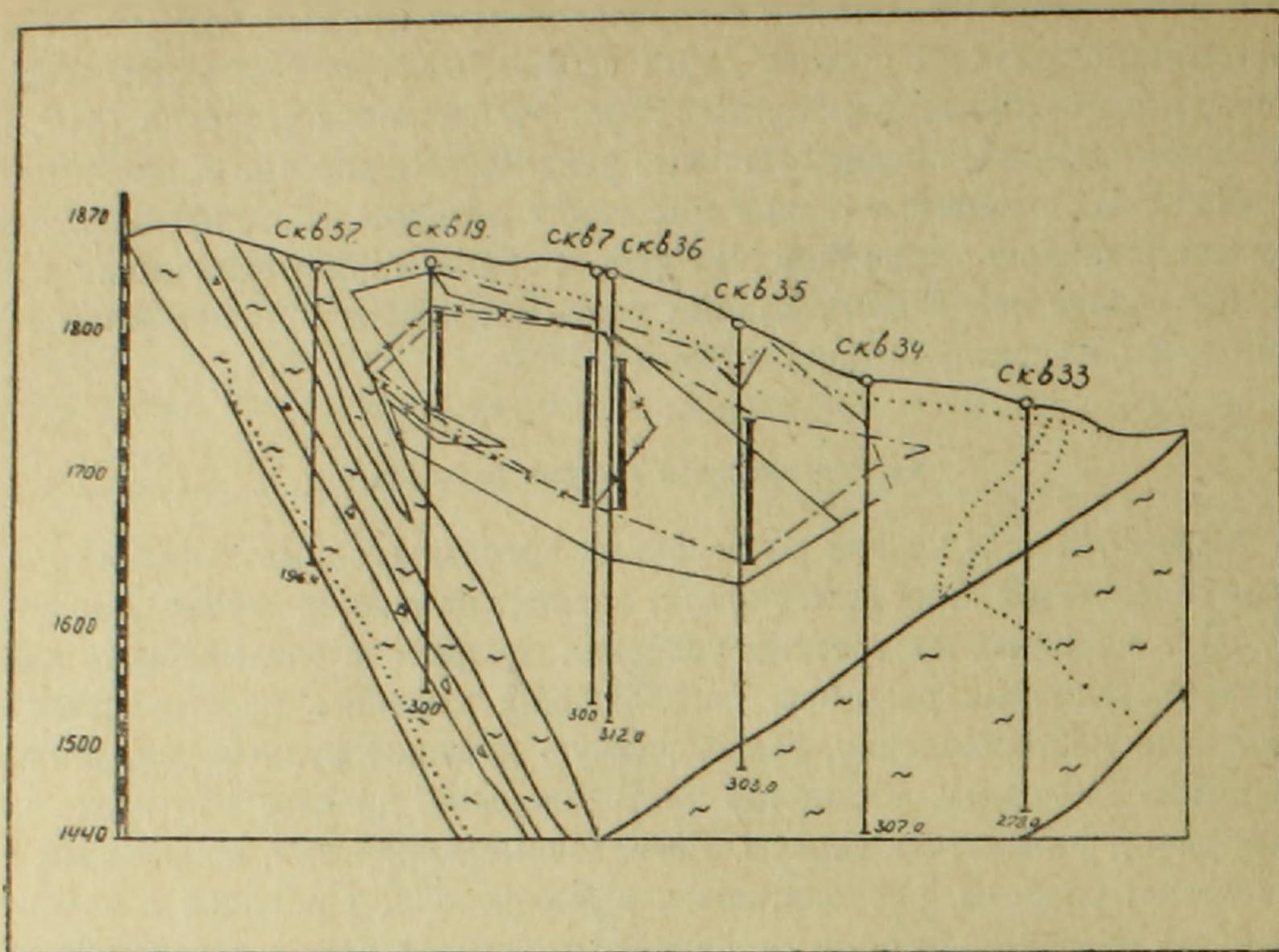
Рекомендуемые предварительные разведочные работы, выполнимые в течение 2 лет, выясняют общие масштабы месторождения, предварительную качественную характеристику руд и общие горно-технические условия. На основе полученных данных решается вопрос о целесообразности детальной разведки месторождения.

б) Рациональная система разведки

Выбор тех или других разведочных средств (горные выработки, буровые скважины или их комбинация) зависит от того, насколько они обеспечивают в данных конкретных условиях построение оптимального количества разведочных разрезов, позволяющих выяснить пространственное положение месторождения, геологическую позицию рудных тел, взаимоотношения отдельных элементов месторождения, производить различные измерения и подсчитать запасы. Разведочные выработки, по которым составляются разрезы, располагаются в определенном порядке и на определенных расстояниях одна от другой, охватывая всю исследуемую территорию. Такая совокупность взаимосвязанных разведочных выработок называется разведочной системой.

С целью обоснования наиболее целесообразной системы разведки в условиях Джиндаринского месторождения, мы на основе довольно большого фактического материала построили целый ряд геологических разрезов, на которых показали контуры рудных тел в двух вариантах: 1 — по данным разведки и опробования горных выработок и буровых скважин, 2 — по данным только буровых скважин. Построения показали, что, если общие контуры оруденения в обоих вариантах мало отличаются друг от друга, то контуры балансовых руд существенно расходятся (для иллюстрации приводится один из разрезов — фиг. 3). Отсюда ясно, что для разведки Джиндаринского месторождения следует применить комбинированную горно-буровую систему. При этом, на стадии предварительной разведки основными средствами являются буровые скважины (с контрольными горными выработками), а детальная разведка должна осуществляться в основном горными выработками; буровые скважины при детальной разведке применяются в ограниченных объемах и играют вспомогательную роль.

Благодаря изрезанности рельефа поверхности глубокими оврагами здесь широко используются разведочные штольни, что значительно упрощает и удешевляет горно-проходческие работы. Для разведки глубоких горизонтов месторождения, недоступных для штолен, следует прибегнуть к помощи буровых скважин. Учитывая сравнительно пологое падение рудного тела удовлетворительных результатов можно добиться бурением вертикальных скважин, что в технико-экономическом отношении значительно эффективнее наклонных.



Фиг. 3. Сопоставление контуров рудного тела в разрезе.

1—Контур балансовых руд, по данным горных выработок и буровых скважин. 2—Контур забалансовых руд по данным горных выработок и буровых скважин. 3—Контур балансовых руд, по данным скважин. 4—Контур забалансовых руд по данным скважин. 5—Зоны разломов. 6—Содержание меди в выработках. 7—Границы пород.

Таким образом, выбранная при разведке Джиндаринского месторождения система разведочных штолен и вертикальных буровых скважин в принципе является наиболее рациональной.

в) Плотность разведочной сети

Плотность разведочной сети [6] определяется площадью тела полезного ископаемого, приходящейся на одну разведочную выработку, или расстоянием между разведочными выработками. От плотности разведочной сети зависит общий объем выработок, необходимый для разведки данного месторождения, а следовательно — стоимость и сроки разведки.

В отчетах ГРП отсутствуют какие-либо обоснования принятой плотности разведочной сети, которая условно может быть названа квадратной, с длиной стороны квадрата 100 м. Штольни здесь заложены приблизительно через 100 м, а из них с теми же интервалами пройдены штреки и рассечки. Расстояние между горизонтами горных выработок составляет 40—55 м, но не всюду оно выдерживается.

Такое расположение разведочных горных выработок следует признать в принципе правильным, а принятую густоту — вполне достаточной для

детальной разведки Джиндаринского месторождения. Больше того, такая густота сети является и минимально необходимой, что ясно видно из сопоставлений фактических результатов разведки с результатами, получаемыми при условном разрежении сети: если расстояние между штольнями принимаем 200 м, то границы между двумя телами с балансовыми рудами либо вовсе стираются, либо контуры балансовых руд грубо искажаются.

Таким образом, разрежение разведочной сети, в данном случае, приводит к значительным искажениям и не может быть рекомендовано. Принятую на месторождении сеть горных выработок следует признать достаточной и необходимой; однако, пройденный метраж неоправданно высок.

К излишним затратам метража привели отклонения от принятой сети, особенно на горизонте штолен 10—16. На рекомендуемой схеме детальной разведки (фиг. 4) отмечены направления и необходимый объем горных выработок и скважин, достаточный для решения задач, стоящих перед геологом в эту стадию*.

На верхнем горизонте — 1820 м проходка штолен 4, 14, 2 целесообразна, однако, направление их должно быть выдержанным. Штольни 14 и 2 проходятся до пересечения с линией так наз. Личкинского разлома. Штрек, заданный из штольни 14, позволил бы проследить оруденение на верхнем горизонте, по простиранию.

На горизонте 1780 м целесообразна проходка 4 штолен (9, 12, 11а и 11б), вскрывающих основной горизонт балансовых руд.

На горизонте 1725 м следовало пройти шт. 16 с штреками и ортами из нее. Необходимости в проходке штольни 10 и штреков из нее не было, ибо данные штольни 16 вполне достаточны для характеристики этого горизонта.

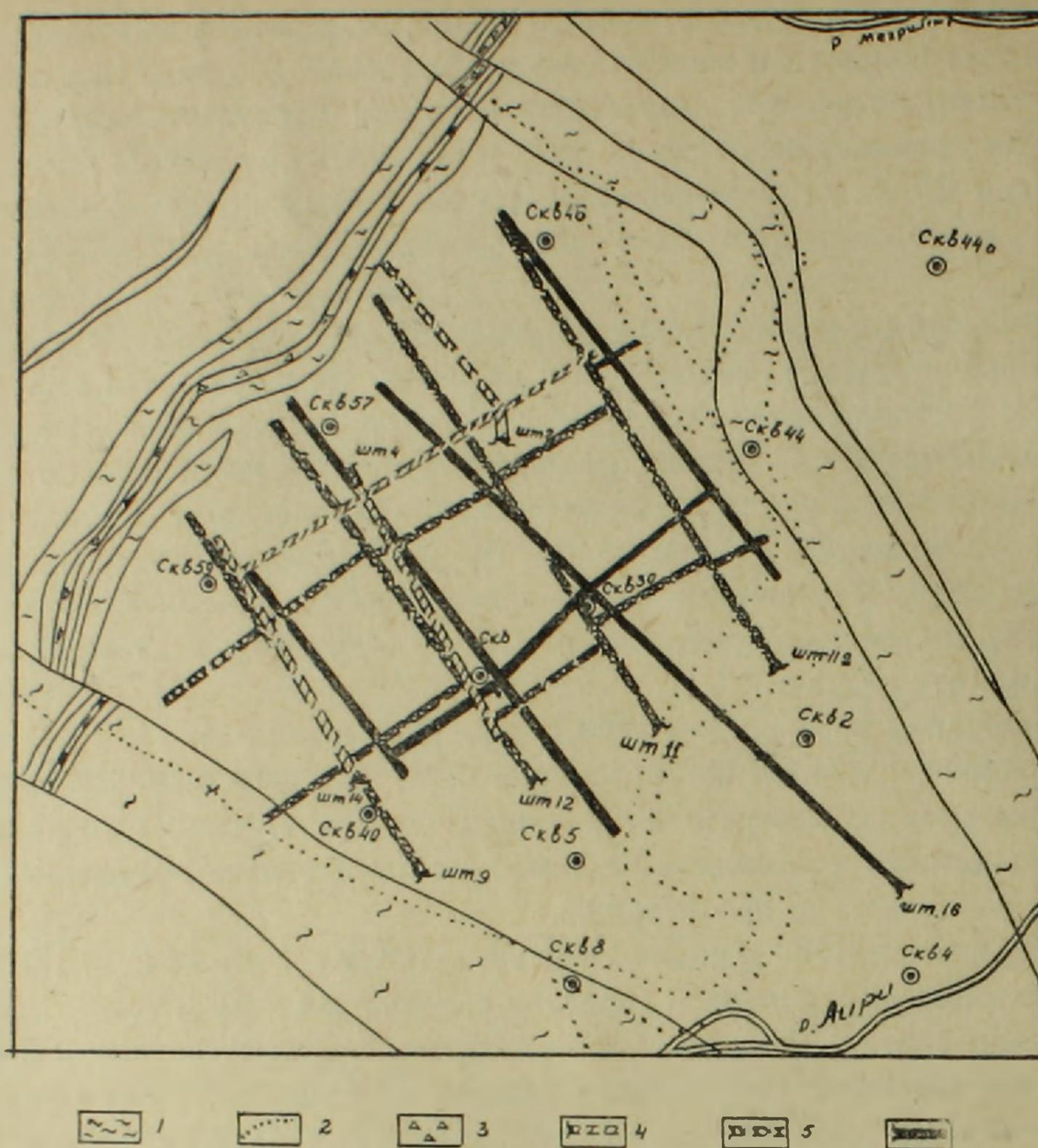
Как уже отмечалось выше, буровые скважины при детальной разведке Джиндаринского месторождения играют вспомогательную роль и преследуют цель проследить оруденение на глубине. В стадию детальной разведки следовало бы ограничиться бурением 5—6 скважин, глубиной до 300 метров каждая. Намечаемая глубина в 300 метров является в известной мере условной, так как в случае подсечения рудной зоны на больших глубинах, как это в действительности имело место в скв. 44, 45, бурение скважин следует продолжить до полного пересечения рудного тела. Следовательно, для детальной разведки месторождения достаточен следующий объем горно-буровых работ: горные выработки—2900 п. метров и буровые скважины — 2000 п. метров.

Всего на проведение разведки Джиндаринского месторождения необходимо было затратить (включая и предварительную разведку):

1. Горные выработки — около 4000 п. метров
2. Буровые скважины — около 4000 п. метров.

Фактически выполненный объем разведочных работ составляет: горнопроходческие работы — 6300 п. метров, бурение — 12000 п. метров.

* Схема построена с учетом и в приближении к существующей на месторождении сети горных выработок.



Фиг. 4. Схема расположения горных выработок и буровых скважин в стадию детальной разведки месторождения.

1—Зоны разломов. 2—Границы пород. 3—Крупнобрекчированные породы в зоне разлома. 4—Верхний разведочный горизонт. 5—Средний разведочный горизонт. 6—Нижний разведочный горизонт.

Из изложенного следует, что разведку Джиндаринского месторождения можно было произвести значительно экономнее и в более короткий срок. Отношение рекомендуемого объема основных разведочных работ к фактически выполненному составляет:

по горным выработкам (4000 : 6300) — 63,5% ;
по буровым скважинам (4000 : 12000) — 33,5% .

Стоимость разведочных работ по двум основным видам фактически завышена примерно в два раза, срок выполнения всей разведки также можно было сократить примерно вдвое [7].

Для этого следовало только строго соблюдать стадийность работ, выбрать наиболее рациональную систему детальной разведки, соблюдать последовательность в развитии разведочной сети.

Анализ материалов показывает, что при условии выполнения всех этих требований, несмотря на гораздо меньший объем рекомендуемых раз-

ведочных работ, геологические результаты их ничуть не уступали бы фактически полученным, а при обеспечении надлежащего качества проводимых работ эффективность их была бы выше.

Анализ материалов опробования, приведший к интересным результатам, рассматривается отдельно.

Заключение

Результаты анализа накопившегося богатого материала по разведкам известных в Армении медно-молибденовых и медных месторождений прожилково-вкрапленного типа могут иметь важное значение при разработке научно-обоснованных рациональных методов разведки этого промышленного типа месторождений вообще.

Тщательный анализ материалов разведки Джиндаринского месторождения позволяет сделать некоторые выводы, которые следует рассматривать пока, впредь до завершения соответствующих работ по другим месторождениям этого типа, как предварительные:

1. В условиях Джиндаринского месторождения предварительная разведка должна быть *безусловно* выделена в самостоятельную стадию и проведена в полном соответствии с поставленными перед ней задачами.

Несоблюдение стадийности разведки приводит к тому, что чрезмерно растягиваются сроки и увеличивается стоимость разведки.

2. Устанавливается существенная разница между рациональными системами разведки на различных ее стадиях.

Так, в стадию предварительной разведки основными средствами являются буровые скважины, а горные выработки необходимы лишь как контрольные; детальная же разведка месторождения осуществляется в основном горными выработками, а буровые скважины, применяемые в ограниченных объемах, играют вспомогательную роль, заключающуюся в разведке глубоких горизонтов месторождения.

3. Принятая на месторождении 100-метровая квадратная разведочная сеть является для детальной разведки достаточной и необходимой, если не считать искажений этой сети и значительных от нее отступлений.

При строгом соблюдении стадийности и применении разработанной для каждой стадии рациональной системы разведки, предварительная и детальная разведка месторождения осуществляется с затратой значительно меньших объемов горно-буровых работ, составляющих по отношению к фактически выполненным: по буровым скважинам — 33,3%, по горным работам — 63,5%.

Другими словами, физический объем основных разведочных работ, а следовательно и их стоимость и сроки разведки уменьшаются примерно в 2 раза.

Պ. Պ. ՄԱՄԵՐՅԱՆ, Վ. Ե. ՎԱՐԹԱՆԵՍՈՎ

ՋԻՆԴԱՐԱՅԻ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ ՀԵՏԱԽՈՒՉՈՒԹՅԱՆ ԵՂԱՆԱԿԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Նրկրաբանահետախուզական աշխատանքների եղանակների շկատարելագործված լինելը հանդիսանում է հանքավայրերի հետախուզութայան ժամկետների նշանակալի երկարաձգման, ինչպես և օգտակար հանածոների հանքավայրերի ոչ ճիշտ գնահատման գլխավոր պատճառներից մեկը:

Տարբեր արդյունաբերական և մորֆոլոգիական տիպի օգտակար հանածոների հանքավայրերում, գիտականորեն հիմնավորված ռացիոնալ հետախուզական եղանակների օգտագործման նպատակով, հարկավոր է մանրակրկիտ վերլուծման ենթարկել այն հարուստ նյութը, որը կուտակվել է երկրաբանահետազոտական կադմակերպություններում հետախուզված հանքավայրերի վերաբերյալ:

Հաշվի առնելով այդ, հեղինակներն սկսել են Հայկական ՍՍՏ-ի սղինձմուխբղենային և պղնձային երակիկա-ցանավոր տիպի հանքավայրերի հետախուզական նյութի մշակումը: Ներկայումս այդ աշխատանքներն ավարտված են միայն Ջինդարայի հանքավայրի համար:

Այդ հանքավայրի հետախուզական աշխատանքների նյութերի մշակումը թույլ է տալիս մի քանի եզրակացություններ անել հետախուզութայան ստադիաների (կամ էտապների), հետախուզութայան ռացիոնալ եղանակների և հետախուզական ցանցի խտության վերաբերյալ: Ջինդարայի հանքավայրի պայմաններում նախնական հետախուզությունը անպայման պետք է առանձնացվի որպես ինքնուրույն ստադիա և տարվի նրա առջև դրված խնդիրների համապատասխան: Հետախուզութայան ստադիականության շպահպանելը բերում է այն բանին, որ բավականին երկարաձգվում են հետախուզութայան ժամկետները և բարձրանում է նրա արժեքը:

Նկատվում է նշանակալի տարբերություն հետախուզութայան ռացիոնալ սխեմաների մեջ, նրա տարբեր ստադիաներում: Այսպես, նախնական հետախուզութայան ստադիայում հիմնական միջոցները հանդիսանում են հորատանցքերը, իսկ լեռնային փորվածքները վերահսկման դեր են կատարում: Ջինդարայի հանքավայրի նախնական հետախուզությունը, որը կատարվել է երկու տարվա ընթացքում ըստ ներկայացված սխեմայի (նկ. 1), բացահայտում է հանքավայրի ընդհանուր մասշտաբները (նկ. 2), հանքանյութի նախնական որակական բնութագիրը և ընդհանուր լեռնա-տեխնիկական պայմանները: Հանքավայրի մանրամասն հետախուզությունն իրագործվում է հիմնականում լեռնային փորվածքներով: Հորատանցքերը կիրառվում են սահմանափակ ծավալներով և օժանդակ դեր են կատարում, որը կայանում է հանքավայրի խորը հորիզոնների հետախուզութայան մեջ: Հորատանցքերով մանրամասն ուսումնասիրության աննպատակահարմարությունը Ջինդարայի հանքավայրի պայմաններում բխում է նրանից, որ այս դեպքում զգալիորեն ազատվում են արդյունաբերական (բաշահասային) հանքանյութերի եզրագծերը (նկ. 3):

Հանքավայրում մանրամասն հետախուզութայան համար ընդունված 100 մետրանոց քառակուսային ցանցը հանդիսանում է բավարար և անհրաժեշտ, եթե չհաշվենք այդ ցանցի սղձատումները և բավականին շեղումները: Ստա-

դիականութեան խիստ պահպանման և յուրաքանչյուր ստադիայի համար հետախուզութեան ապահովող սխեմայի կիրառման ժամանակ հանրաձայրերի նախնական և մանրամասն հետախուզութեան իրագործում է, փաստորեն կատարածի համեմատ, լեռնաչին և հորատման աշխատանքերի զգալիորեն ավելի պակաս ծախսով՝

Հստ հորատանցքերի — 33,3%

Հստ լեռնաչին փորվածքների — 63,5%

Այսպիսով, հիմնական հետախուզական աշխատանքների ծախսը և հետեւիւոր հետախուզութեան արժեքն ու ժամկետները կրճատւում են մոտավորապէս երկու անգամ:

Նմուշարկման նյութերի վերլուծութեանը հանգեցնում են հետաքրքիր արդշունքների, որոնք դիտւում են առանձին:

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Е. Исаханян, Л. Г. Тер-Абрамян. Некоторые вопросы геологического строения и структурно-морфологических особенностей Джиндаринского месторождения. Труды Управления Геологии и ОН при СМ Армянской ССР, № 2, 1959.
2. В. И. Красников. Оценка месторождения в стадии предварительной разведки. «Сов. геология», сб. № 53, 1956.
3. К. А. Карамян. Некоторые особенности развития тектоники и минерализации Личкской группы месторождений. Зап. Арм. отд. ВМО, вып. 1, 1959.
4. В. М. Крейтер. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых, часть 2. Госгеолтехиздат, Москва, 1961.
5. С. С. Мкртчян. Зангезурская рудоносная область Армянской ССР. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1958.
6. В. И. Смирнов. О плотности разведочной сети. «Сов. геология», сб. № 58, 1957.
7. Н. А. Хрущов. Некоторые вопросы конкретной экономики геологоразведочных работ. Библи. НТГО, сер. геол., вып. 3, 1957.

Г. Г. ХАЧИКЯН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРНЫХ ПОРОД ПО ДАННЫМ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Вопрос исследования деформативных свойств горных массивов является одним из основных направлений изучения проблемы горного давления. Как известно, аналитические методы расчета напорных горных выработок, основанные на теории упругой трубы, имеют некоторые источники ошибок, степень влияния которых на достоверность полученных данных в ряде случаев весьма значительна. Недостаток этих методов заключается в основном в неправильности допущения в вопросе сопротивления горных пород растягивающим усилиям [8].

Из практики тоннелестроения известно, что почти все породы, находящиеся вокруг подземной выработки, в той или иной степени трещиноваты [2]. Даже при монолитных скальных породах, в зависимости от действующего в напорном тоннеле внутреннего давления воды, вокруг его выработки может появиться нарушенная зона, в пределах которой массив породы получает радиальные трещины растяжения [3]. Наличие трещин в породах нарушенной области массива лишает их способности сопротивляться растяжению в тангенциальном направлении. Отсюда следует, что используя формулы цилиндрической трубы при расчетах напорных выработок, получаем, в большинстве случаев ошибочное представление о деформативных свойствах горных пород.

Необходимо иметь в виду также, что в зависимости от механических свойств скалы и интенсивности нагрузки, в горном массиве возникают пластические деформации, которые при расчете указанными методами не учитываются.

Эти обстоятельства дают основание заключить, что теория упругой трубы при статических расчетах напорных тоннелей можно использовать лишь в том случае, когда в период эксплуатации сооружения, окружающий выработки массив скалы остается в упругом и монолитном состоянии. Понятно, что это условие может быть соблюдено только в случае низконапорных гидротехнических тоннелей, если они пересекают довольно прочные скальные массивы. Однако в последнее время как у нас в Союзе, так и за границей широкое распространение получило строительство высоконапорных шахт гидроэлектрических установок, при которых на горные породы передаются весьма высокие нагрузки [5]. В этих условиях возникновение трещиноватой зоны в находящейся за тоннельной обделкой массиве становится практически неизбежным. Отсюда следует,

что при теоретических решениях вопроса деформативных свойств скальной породы, необходимо иметь в виду существование двух зон в скальном массиве с различными физическими и напряженными состояниями.

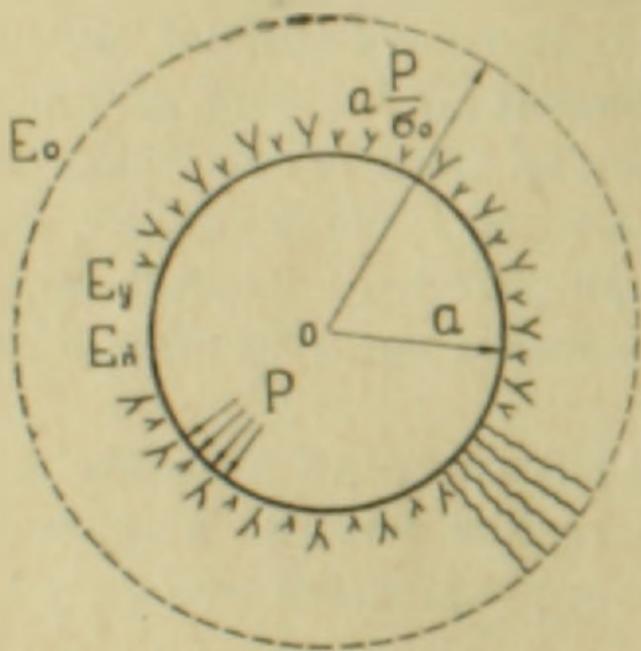
Возникающие вблизи напорной выработки радиальные растягивающие усилия при хрупких породах приводят к потере сплошности — трещинообразованию. Глубина этих трещин для данных пород находится в прямой зависимости от интенсивности внутреннего гидростатического давления и с повышением его, возрастает. Процесс разрушения распространяется в глубь массива породы, в результате чего вокруг напорной выработки образуется круговое кольцо, материал которого способен воспринимать только сжимающие напряжения. Очевидно, практически на конечном расстоянии от выработки напорного тоннеля, напряжения в породах, вызванные действием напора воды, затухают, тем самым влияние внутреннего давления на более удаленные массивы горных пород практически исчезает.

За пределом нарушенной зоны массива небольшие растягивающие усилия компенсируются расклинивающим эффектом, т. е. бытовым давлением в горной породе по теории акад. С. С. Давыдова [1]. На основе этих соображений считаем возможным применение формул упругой трубы для пород, находящихся за пределом нарушенной области.

В большинстве случаев необходим учет ряда других факторов, которые и рассматриваются в настоящей работе. Работа эта выполнена в секторе геологии тоннелей ИГи АН АрмССР, научный руководитель канд.

техн. наук Г. П. Завряян.

Вывод основных зависимостей по определению радиальных деформаций породы под действием равномерного внутреннего давления воды в выработке напорного тоннеля, приведен в нашей предыдущей статье [9]. Задача решена с подразделением окружающего тоннельную выработку массива породы на две зоны — трещиноватую и монолитную (фиг. 1). Границами этих зон является геометрическое место тех точек, для которых напряжения в тангенциальном направлении равняются пределу прочности породы на растяжение.



Фиг. 1. Образование зоны трещин вокруг выработки напорного тоннеля.

Радиальные перемещения породы по контуру напорной выработки кругового очертания с учетом указанных соображений определяются следующим выражением:

$$U = \frac{(1 - \mu_0^2) a}{(1 - \lambda) E_y} \left[P \ln \frac{P}{\sigma_0} - \lambda (P - \sigma_0) \right] + \frac{1 + \mu_0}{E_0} P a. \quad (1)$$

Здесь приняты следующие обозначения: U — деформация породы; P — постоянное гидростатическое давление в тоннеле; a — радиус

подземной выработки; σ_0 — предел прочности породы на растяжение; E_0 — модуль упругости породы монолитной зоны массива; E_y — модуль упругости породы трещиноватой зоны массива в пределах упругих деформаций; μ_0 — коэффициент поперечной деформации породы; λ — коэффициент относительного уменьшения модуля упругости породы при переходе деформации в пластическую область. Модуль деформации породы в пределах пластических деформаций E_s , согласно разработанной А. А. Ильюшиным теории малых упруго-пластических деформаций [6], определяется выражением $E_s = (1 - \lambda) E_y$.

Модуль упругости породы для монолитного массива E_0 по величине выше модуля упругости трещиноватой породы, поскольку с появлением трещин в породе, уменьшается их способность сопротивляться деформирующим нагрузкам. Назначим соотношение этих величин η , в коем $E_y = \eta E_0$, где $\eta \leq 1$.

Учитывая это, а также произведя некоторые преобразования, формулу (1) можно представить в таком виде:

$$U = \frac{(1 + \mu_0) Pa}{E_0} \left\{ 1 + \frac{1 - \mu_0}{(1 - \lambda) \eta} \left[\ln \frac{P}{\sigma_0} - \lambda \left(1 - \frac{\sigma_0}{P} \right) \right] \right\}. \quad (2)$$

В том случае, когда возникновение трещин в массиве не вызывает резкого изменения напряженного состояния и тем самым горные породы под действием данных нагрузок сохраняют упругие свойства ($\lambda = 0$) то формула (2) получает следующий вид:

$$U_y = \frac{(1 + \mu_0) Pa}{E_0} \left[1 + \frac{1 - \mu_0}{\eta} \ln \frac{P}{\sigma_0} \right]. \quad (3)$$

При условии $P = \sigma_0$, в горном массиве трещиноватая область не образуется. Для этого случая из выражения (3) получаем известную из теории упругости формулу Ляме для расчета цилиндрической трубы бесконечной толщины:

$$U = \frac{1 + \mu_0}{E_0} Pa.$$

При условии $P > \sigma_0$ вышеприведенные формулы (2) и (3) не действительны, поскольку в этом случае массив породы остается в монолитном состоянии.

В общем случае деформацию породы можно представить в виде суммы двух частей — упругой и пластической:

$$U = U_y + U_s.$$

Для вычисления пластической части деформации породы U_s воспользуемся закон о простой разгрузке А. А. Ильюшина. Согласно этому закону для определения остаточной деформации необходимо из полной де-

формации материала, соответствующей наибольшему значению нагрузки, вычесть упругую деформацию.

$$\begin{aligned}
 U_n = U - U_y &= \frac{(1 - \mu_0) a}{(1 - \lambda) E_y} \left[P \ln \frac{P}{\sigma_0} - \lambda (P - \sigma_0) \right] - \frac{(1 - \mu_0^2) a P \ln \frac{P}{\sigma_0}}{E_y} = \\
 &= \frac{(1 - \mu_0^2) a P \ln \frac{P}{\sigma_0}}{(1 - \lambda) E_y} - \frac{\lambda (1 - \mu_0^2) (P - \sigma_0) a}{(1 - \lambda) E_y} - \frac{(1 - \mu_0^2) a P \ln \frac{P}{\sigma_0}}{E_y} = \\
 &= \left(\frac{1}{1 - \lambda} - 1 \right) \frac{(1 - \mu_0^2) a P \ln \frac{P}{\sigma_0}}{E_y} - \frac{\lambda}{1 - \lambda} \frac{(1 - \mu_0^2) (P - \sigma_0) a}{E_y} \\
 U_n &= \frac{\lambda}{1 - \lambda} \frac{(1 - \mu_0^2) a \left[P \ln \frac{P}{\sigma_0} - (P - \sigma_0) \right]}{E_y} \quad (4)
 \end{aligned}$$

Подставляя значение E_y из выражения (3) получаем,

$$U_n = \frac{\lambda}{1 - \lambda} U_y \frac{(1 - \mu_0) \left[\ln \frac{P}{\sigma_0} - \left(1 - \frac{\sigma_0}{P} \right) \right]}{\eta + (1 - \mu_0) \ln \frac{P}{\sigma_0}}$$

Обозначим

$$\varphi(P) = \frac{(1 - \mu_0) \left[\ln \frac{P}{\sigma_0} - \left(1 - \frac{\sigma_0}{P} \right) \right]}{\eta + (1 - \mu_0) \ln \frac{P}{\sigma_0}}$$

$$U_n = \frac{\lambda}{1 - \lambda} U_y \varphi(P) \quad (5)$$

$\varphi(P)$ для данной породы зависит только от величины внутренней нагрузки, которая передается на стенки подземной выработки. При условии $P = \sigma_0$, получается $\varphi(P) = 0$. Поскольку пластические деформации возникают при напряжениях, превышающих предел упругости данного материала ($P > \sigma_0$), то в рассматриваемом нами случае всегда будет иметь место $\varphi(P) > 0$.

Решая уравнения (5) находим неизвестную величину λ и далее E_n .

$$\lambda = \frac{1}{1 + \frac{U_y}{U_n} \varphi(P)} \quad (6)$$

Если горный массив испытывает напряжения, величины которых значительно превышают предел упругости данного материала, и порода переходит в чисто пластическое напряженное состояние, то разгрузка происходит без обратных деформаций; при $U_y = 0$; $\varphi(P) \neq 0$, $\lambda = 1$.

Определим значение σ_0 из выражения (3)

$$\ln \sigma_0 = \ln P - \eta \frac{E_0 U_y - (1 + \mu_0) a P}{(1 - \mu_0^2) a P} \quad (7)$$

Принимая σ_0 постоянной величиной и используя ее выражение при разных опытных нагрузках P_1 и P_2 , находим неизвестную величину η :

$$\eta = \frac{(1 - \mu_0^2) (\ln P_2 - \ln P_1) a}{E_0 \left(\frac{U_{y_2}}{P_2} - \frac{U_{y_1}}{P_1} \right)} \quad (8)$$

Учитывая, что $E_y = \eta E_0$ по определению, из выражения (8) получаем усредненную величину модуля упругости породы в зоне трещинообразования при нагрузках P_1 и P_2 :

$$E_y = \frac{(1 - \mu_0^2) (\ln P_2 - \ln P_1) a}{\frac{U_{y_2}}{P_2} - \frac{U_{y_1}}{P_1}} \quad (9)$$

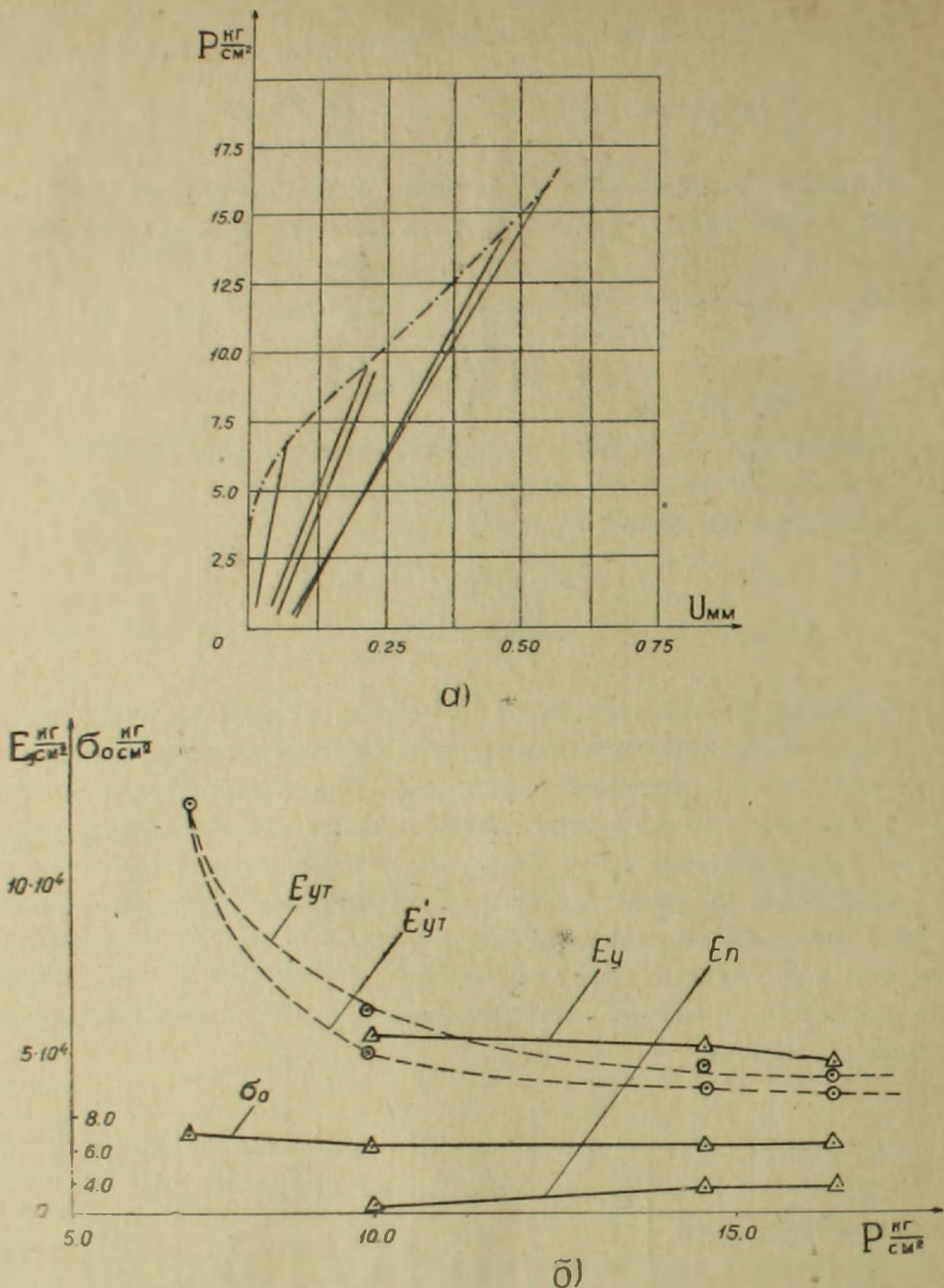
Полученные зависимости дают возможность определить на основе натурных испытаний деформативные и механические характеристики скальной породы. Ниже рассматриваются два вида теоретических зависимостей — формулы, принимающие горный массив как идеальную упругую трубу, и предложенные нами формулы, учитывающие упруго-пластические деформации массива породы и ее сопротивляемость растягивающим усилиям. Значения модуля упругости породы с представлением напорной выработки как упругую трубу — $E_{ут}$ и $E'_{ут}$ вычислены по формуле Ляме, принимая за основу соответственно упругие или полные деформации массива породы.

Таблица 1

P	U	U_y	U_n	E_y	σ_0	λ	E_n	$E_{ут}$	$E'_{ут}$
6,80	0,0656	0,0656	0,00	—	6,7	—	—	125000	125000
9,54	0,2300	0,1840	0,0460	54500	6,0	0,99	545	62000	49700
14,54	0,4680	0,3950	0,0730	51000	6,0	0,86	7150	44500	37200
16,46	0,5540	0,4810	0,0730	45800	6,0	0,84	7300	40500	36000

В таблице 1 даны упругие и пластические характеристики известняка, полученные на основе обработки экспериментальных данных известного итальянского исследователя Г. Оберти [10]. Испытания проводились методом гидростатического давления в горизонтальной штольне диаметром 200 см и длиной 600 см. Бетонная облицовка опытной штольни толщиной 15 см, была разрезана четырьмя горизонтальными деформационными швами, что дало возможность полностью передать на породу внутреннее давление воды.

Принимая $\mu_0 = 0,20$, по формуле цилиндрической трубы определяем

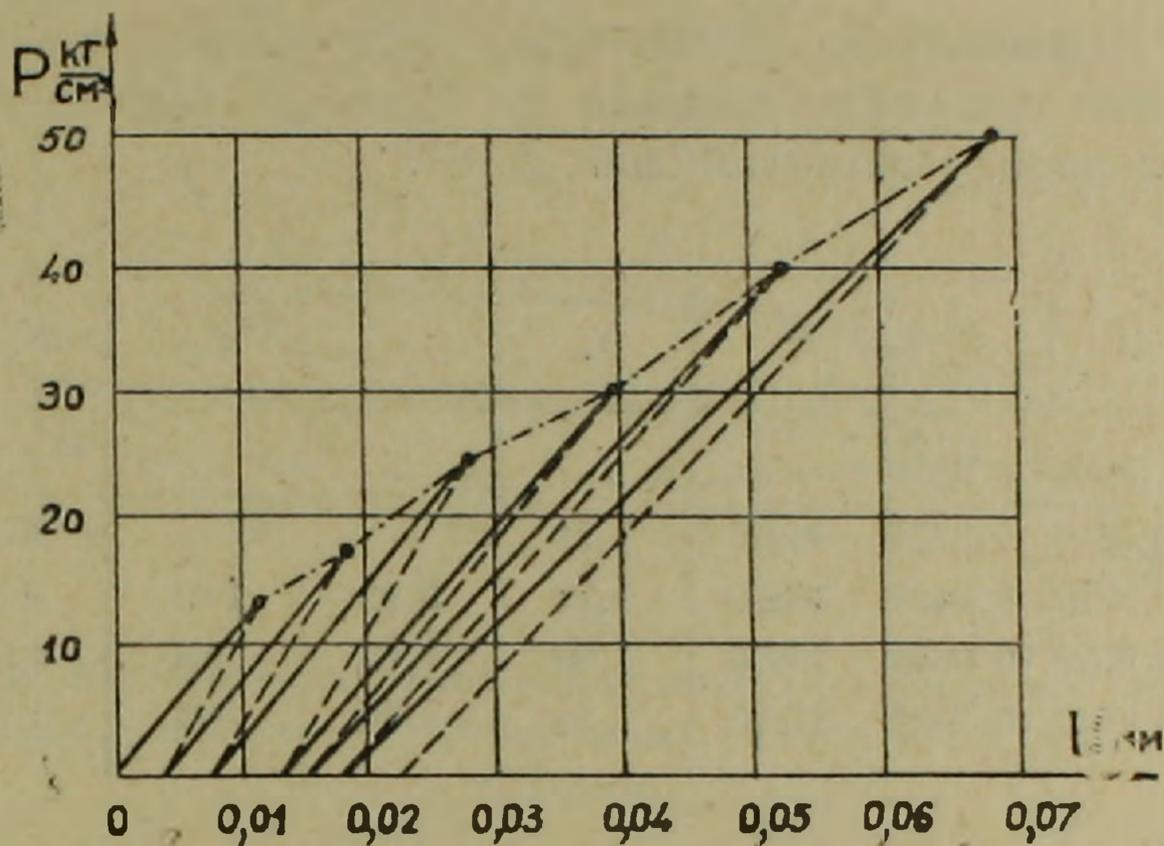


Фиг. 2. Зацементированные известняки. а) Рабочий график. б) Зависимость деформативных характеристик породы от нагрузки.

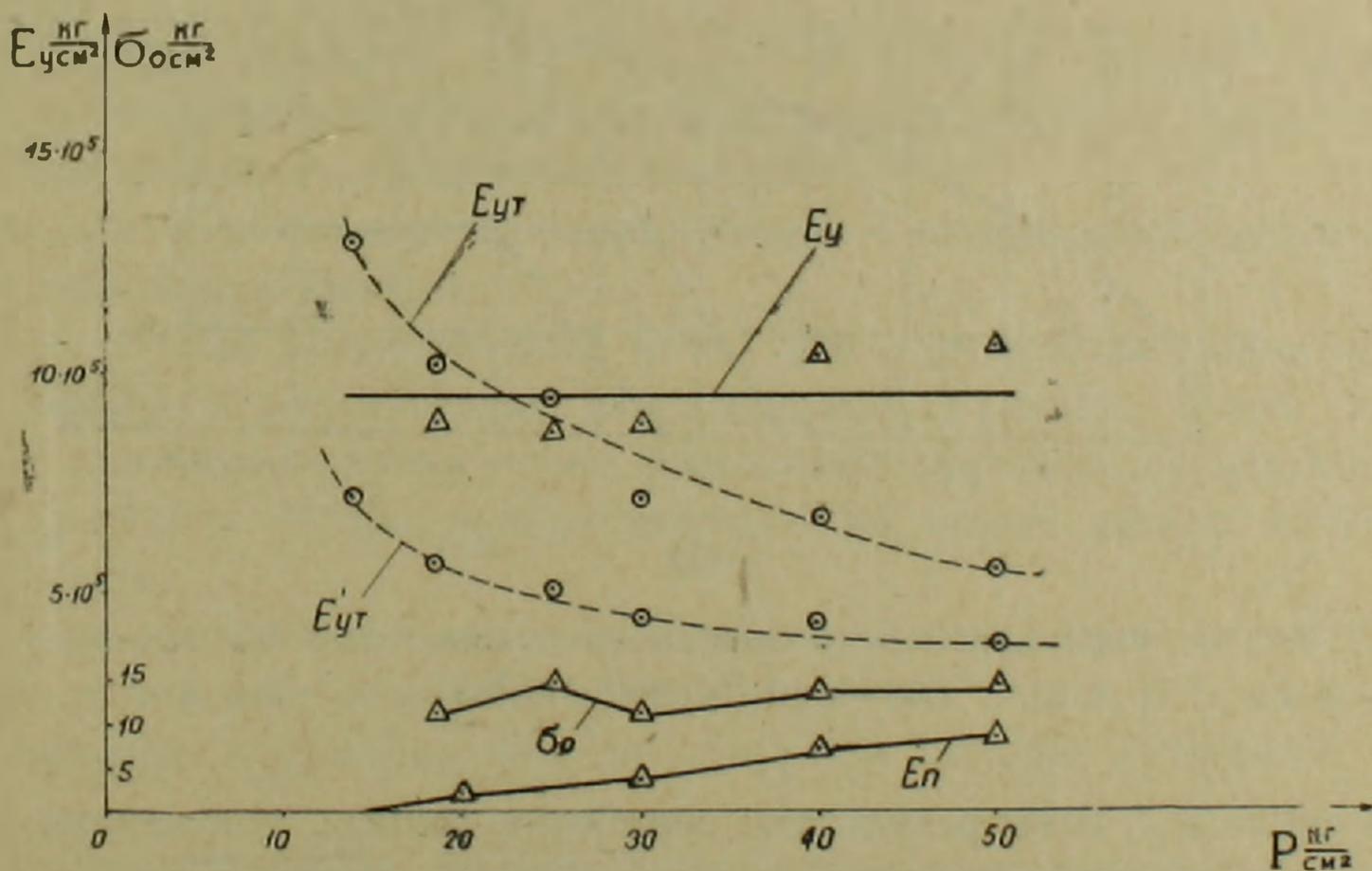
модуль упругости породы для монолитной скалы $E_0 = 125\,000 \text{ кг/см}^2$. Для расчета этой величины использовали опытные данные, полученные в начальной стадии эксперимента (на графике деформаций ниже перелома, фиг. 2а). Значения E_y вычислены с помощью формулы (9) для разных интервалов давлений, которые послужили для определения среднего значения η и σ_0 . Для вычислений остальных неизвестных использованы осредненные значения этих величин: $\eta_{cp} = 0,40$ и $(\sigma_0)_{cp} = 6,2 \text{ кг/см}^2$. Как видно из фиг. 2б, значения E_y , определенные нашими зависимостями, характеризуются более стабильными цифрами, чем значения указанных величин, полученные методом упругой трубы.

Таблица 2

P	U	U_v	U_n	E_y	σ_0	λ	E_n	E_{yt}	E'_{yt}
14,0	0,011	0,006	0,005	—	—	—	—	1330000	725000
18,0	0,018	0,010	0,008	890000	11,25	—	—	1025000	570000
25,0	0,028	0,015	0,013	870000	14,70	0,95	43500	950000	510000
30,0	0,039	0,024	0,015	880000	11,25	0,92	70000	710000	440000
40,0	0,052	0,034	0,018	1045000	13,50	0,87	137000	670000	438000
50,0	0,069	0,047	0,022	1065000	13,75	0,84	170000	552000	376000



а)



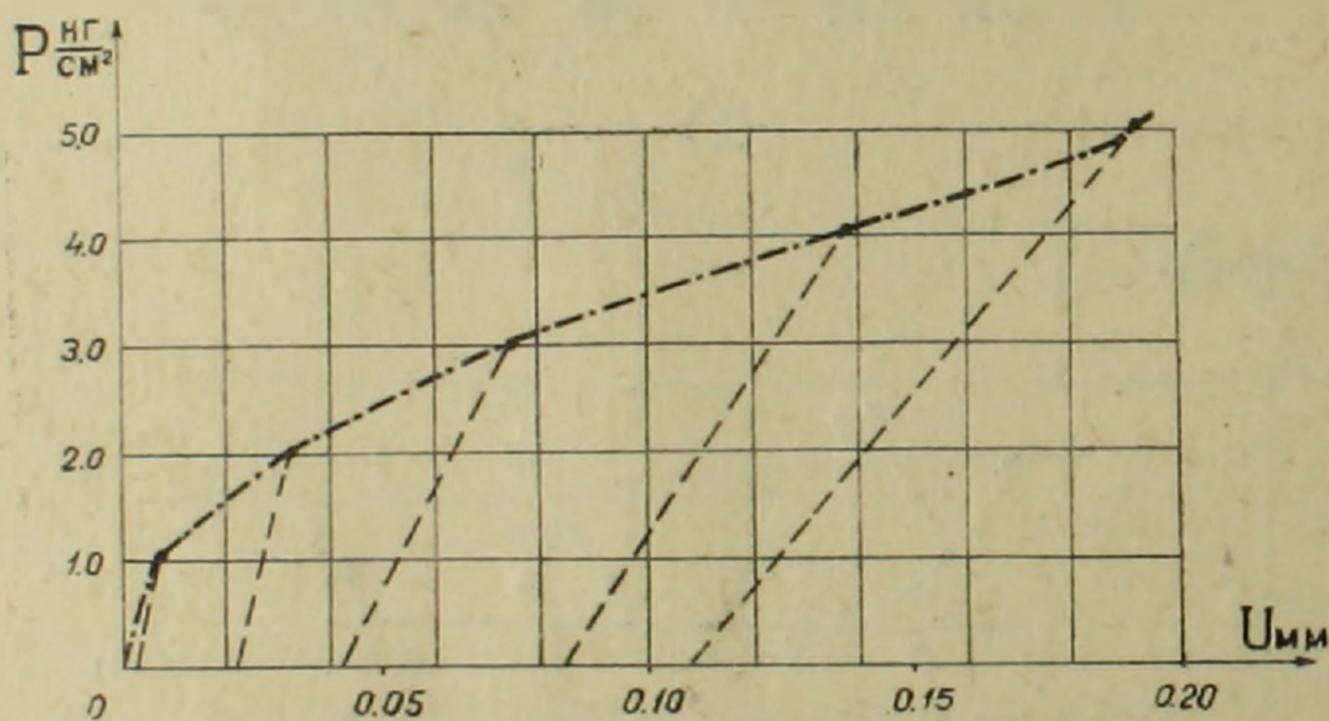
б)

Фиг. 3. Цементированные такситофитовые диабазы. а) Рабочий график. б) Зависимость деформативных характеристик породы от нагрузки.

В таблице 2 даны деформативные характеристики для залегающих в основании бетонной плотины Братской ГЭС зацементированных такситоофитовых диабазов. Опыты проводились в вертикальных скважинах — шахтах глубиной порядка 50 м и диаметром 91,5 см. Скальная порода подвергалась равномерным опытным нагрузкам посредством цилиндрических гидравлических штампов. Данные испытаний (фиг. 3а) взяты из статьи Д. Д. Сапегина, где приводится описание методики эксперимента и ее теоретическая основа [7]. Модуль упругости породы для ненарушенного массива при наших подсчетах принят $E_0 = 16 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2$, полученный на основе лабораторных испытаний образцов указанных пород. С помощью расчетных зависимостей получены следующие осредненные значения для этих пород: $\eta_{ср} = 0,60$; $(\sigma_0)_{ср} = 12,9 \text{ кг/см}^2$. На основе полученных данных построены графики E_y , E_n и σ_0 в зависимости от действующей на породу нагрузки (фиг. 3, б).

Таблица 3

P	U	U_y	U_n	E_y	σ_0	λ	E_n	$E_{ут}$	$E'_{ут}$
1,0	0,0075	0,0065	0,0010	—	—	—	—	—	—
2,0	0,0330	0,0110	0,0220	38300	1,71	—	—	95000	31700
3,0	0,0740	0,0320	0,0420	38300	1,70	0,95	1910	49200	21200
4,0	0,1370	0,0520	0,0850	36800	1,80	0,92	2940	40500	15200
5,0	0,1920	0,0840	0,1080	27800	1,64	0,86	3900	31200	13500



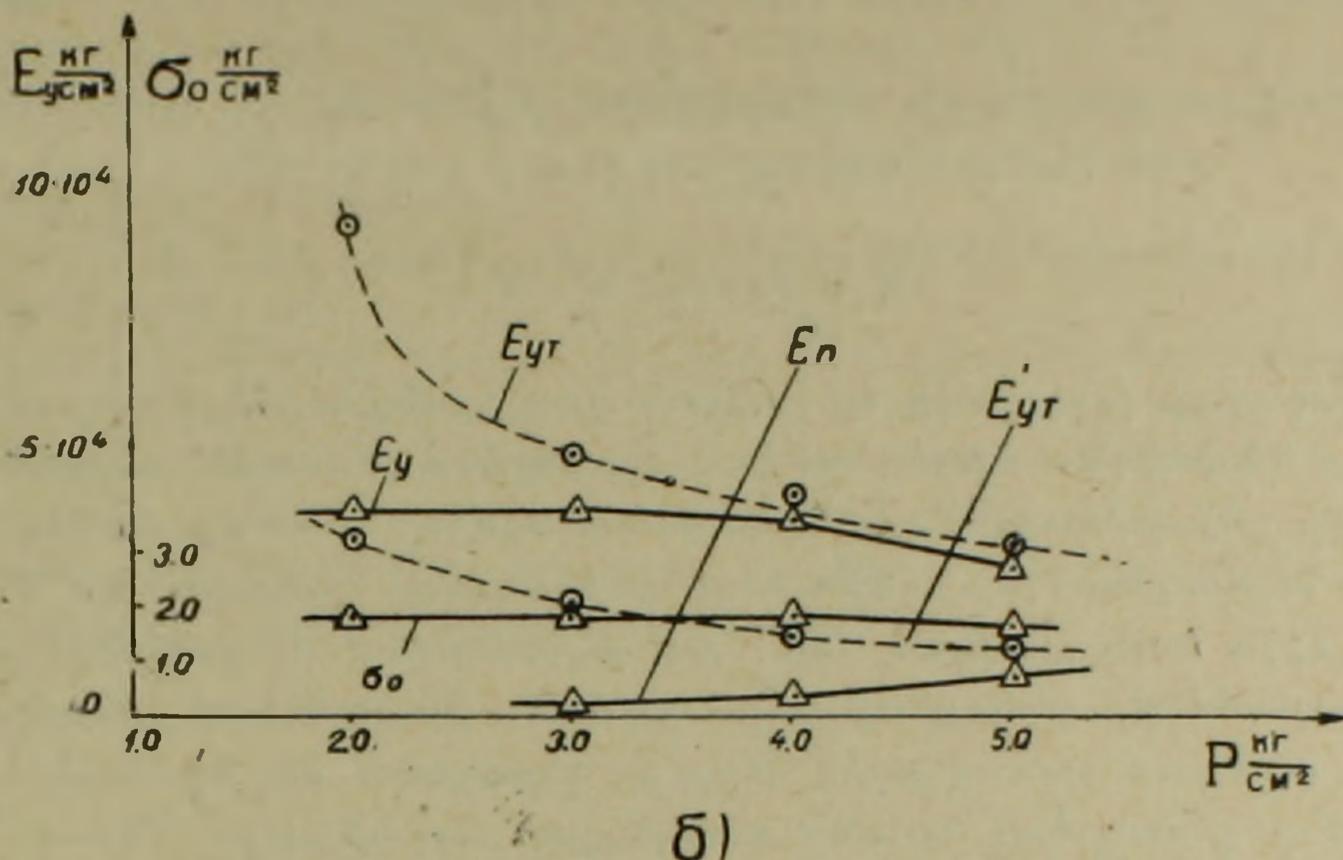
а)

Рис. 4а. Конгломераты, скрепленные известково-глинистым заполнителем. а) Рабочий график.

В таблице 3 даны результаты обработки данных, полученные натурными испытаниями тоннеля Сионского водохранилища. Горная порода представлена конгломератами, скрепленными известняково-глинистым заполнителем. Опыты проводились в вертикальной выработке методом двух цилиндров, предложенным Г. П. Заврияном. В последующем этот метод

получил широкое распространение в Союзе и КНР при определении деформативных свойств горных пород [4].

Давление в выработке диаметром 100 см создавалось двумя резиновыми камерами, а величина радиальных перемещений породы измерялась с помощью индикаторов часового типа (фиг. 4а). Полученные цифры показывают заметное понижение (80%) модуля упругости монолитной среды вследствие возникновения в ней трещин. На фиг. 4б показана, для



Фиг. 4б. Конгломераты скрепленные известково-глинистым заполнителем. б) Зависимость деформативных характеристик породы от нагрузки.

сравнения, зависимость модуля упругости породы от интенсивности нагрузки, полученная с помощью наших закономерностей и по методу упругой трубы.

На графике приведены значения σ_0 , полученные нашими формулами при разных напряженных состояниях породы, которые также характеризуются довольно стабильными цифрами.

Результаты выполненных теоретических исследований позволяют сделать следующие выводы.

1. Разработан аналитический метод для определения реальных величин упругих и пластических характеристик скальных горных пород, который дает возможность также с достаточной точностью определить предел прочности породы при растяжении, на основе данных натуральных экспериментов.

2. Возникновение трещин в монолитном массиве приводит к значительному понижению величины модуля упругости скалы. В приведенных нами примерах понижение модуля упругости породы составляет 40—80%.

3. Модули упругости породы, полученные с помощью наших зависимостей, отличаются значительно более стабильными цифрами по сравнению с данными, полученными методом упругой трубы. Довольно стабиль-

ными цифрами характеризуются также полученные с помощью наших формул значения предела прочности породы при растяжении.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 15.V.1962.

Հ. Գ. ԽԱՉԻԿՅԱՆ

ԼԵՌՆԱՅԻՆ ԱՊԱՐՆԵՐԻ ԴԵՖՈՐՄԱՏԻՎ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ ԸՍՏ ԲՆԱԿԱՆ ՓՈՐՁԱՐԿՈՒՄՆԵՐԻ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ

Ա մ փ ո փ ու մ

Առաձգական խողովակի տեսության վրա հիմնված հաշվարկի մեթոդները, որոնք ներկայումս օգտագործվում են ճնշման լեռնային փորվածքներում ապարների դեֆորմատիվ հատկությունները որոշելու համար, ունեն սխալի մի քանի աղբյուրներ: Այդ մեթոդների թերությունը հիմնականում կայանում է այն ոչ ճիշտ ենթադրության մեջ, որը վերաբերվում է ձգող ճիգերին լեռնային ապարների դիմադրությանը: Ճնշման թունելներում հիդրոստատիկ ճնշումից գոյացած շառավղային ճեղքերը վերացնում են ապարների ընդունակությունը դիմադրելու ձգմանը տանգենցյալ ուղղությամբ: Ուստի օգտագործելով գլանային խողովակի բանաձևերը ճնշման փորվածքները հաշվարկելիս, ստանում ենք շատ դեպքերում սխալ պատկերացում լեռնային ապարների դեֆորմատիվ հատկությունների մասին: Անհրաժեշտ է նկատի ունենալ նաև այն հանգամանքը, որ կախված ժայռի մեխանիկական հատկություններից և բեռնվածության մեծությունից, լեռնային զանգվածում առաջանում են պլաստիկ դեֆորմացիաներ, որոնք հաշվի չեն առնվում վերոհիշյալ մեթոդներում:

Հողվածում առաջարկվում է անալիտիկ եղանակով հաշվարկի նոր մեթոդ, որը հնարավորություն է տալիս որոշել ժայռային ապարների դեֆորմատիվ և մեխանիկական իրական հատկությունները ըստ բնական փորձարկումների տվյալների: Հաշվարկային բանաձևերը ստացված են ելնելով այն բանից, որ լեռնային փորվածքի շուրջը ջրի ներքին ճնշման ազդեցության տակ դրանում է ճեղքավոր գոտի, որի սահմաններում լեռնային ապարները կրում են միայն սեղմող լարումներ: Այս խախտված դոտու սահմաններից դուրս ժայռային զանգվածը մնում է մոնոլիթ վիճակում և կրում է թե սեղմող և թե ձգող լարումներ: Հողվածում բերվում են մի քանի ժայռային ապարների դեֆորմատիվ բնութագրեր, որոնք որոշված են առաջարկվող բանաձևերի միջոցով: Ինչպես երևում է գրաֆիկներից, ապարների առաձգականության մոդուլի մեծությունները, որոնք որոշված են մեր բանաձևերով, բնորոշվում են անհամեմատ ավելի կայուն թվերով, քան առաձգական խողովակի մեթոդով ստացված մեծությունները: Բավականին կայուն թվերով են արտահայտվում նաև ապարների ամրության սահմանները ձգող լարումների դեպքում:

Ճեղքերի գոյացումը ապարների մոնոլիթ զանգվածում առաջ է բերում առաձգականության մոդուլի զգալի իջեցում: Հողվածում բերված օրինակներում այդ իջեցումը կազմում է 40—80%:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Давыдов С. С. Расчет и проектирование подземных конструкций. Госстройиздат, 1950.
2. Дандуров М. И. Туннели. Трансжелдориздат, М., 1952.
3. Завряян Г. П. Понижение величины коэффициента отпора горной породы с возрастанием внутреннего давления в выработке напорного туннеля. Изв. ТНИИСГЭИ, т. 10, 1958.
4. Завряян Г. П. Методы испытаний деформаций массивов породы под нагрузкой в опытных выработках. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1961.
5. Зурабов Г. Г. и Бугасва О. Е. Гидротехнические туннели гидроэлектрических станций. М.—Л., 1962.
6. Ильюшин А. А. Пластичность. М.—Л., 1943.
7. Сапегин Д. Д. Исследование деформационных свойств скальных пород. Известия ВНИИГ, т. 67, 1961.
8. Терцаги К. Инженерная геология. Перевод с немецкого. Второе издание, 1934.
9. Хачикян Г. Г. Влияние образования трещин в массиве горных пород, пересекаемых напорными туннелями, на коэффициент отпора. Известия АН АрмССР, серия геологических и географических наук, т. XV, № 4, 1962.
10. A. Danusso—G. Oberti. Diga arco-gravita Sul Piave Criteri di progetto e ricerche Sperimentali. L'Energia Elettrica, № 12, 1955.

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

Д. Б. САРКИСЯН

О СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ
НИЖНЕЧЕТВЕРТИЧНЫХ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД ЛЕНИНА-
КАНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Для исследования инженерно-геологических свойств глинистых пород озерной толщи Ленинанканской котловины нами отобраны монолиты из шурфов в Ленинанканском карьере глин (западная окраина гор. Ленинанкана, обр. 4600), в районе с. Ахурик (обр. 4614) и у пограничного моста (обр. 4615).

Изучение структурно-механических свойств глин проводилось в лаборатории инженерной геологии ЛГГП под руководством И. М. Горьковой.

Структурно-механические (деформационные и прочностные) свойства позволяют измерять такие количественные показатели этих свойств, какими являются модули упругости, вязкости, условные границы напряжения, пределы текучести, прочность структуры, а также при помощи этих величин могут быть вычислены эластичность (λ), период релаксации (θ сек.) и т. д.

Предварительные исследования структурно-механических свойств изучаемых образцов проводились на глинах с естественной структурой и их пастах, полученных затворением глинистого порошка в дистиллированной воде.

Изучение кинетики развития деформации при различных постоянных напряжениях сдвига и спада деформации после мгновенной разгрузки проводилось в случае естественных структур на приборе Маслова, а в случае паст — по методу П. А. Ребиндера (1956) на приборе Толстого, основанному на сдвиг в достаточно узком зазоре между двумя пластинками ($h = 4-5$ мм), тангенциально смещаемыми друг относительно друга при деформации (срыва) образца. Этот прибор дает возможность исследовать достаточно малые деформации.

На наш взгляд недостатком прибора Толстого является то обстоятельство, что при более или менее ощутимой деформации (когда отсчет равняется 20 и более делениям шкалы) железная нить, при помощи которой берется отсчет, выходит из фокуса и повторное фокусирование может исказить величину истинной деформации.

Исследование структурно-механических свойств проводилось при двух характерных влажностях — влажность близ естественной и влажность границы текучести.

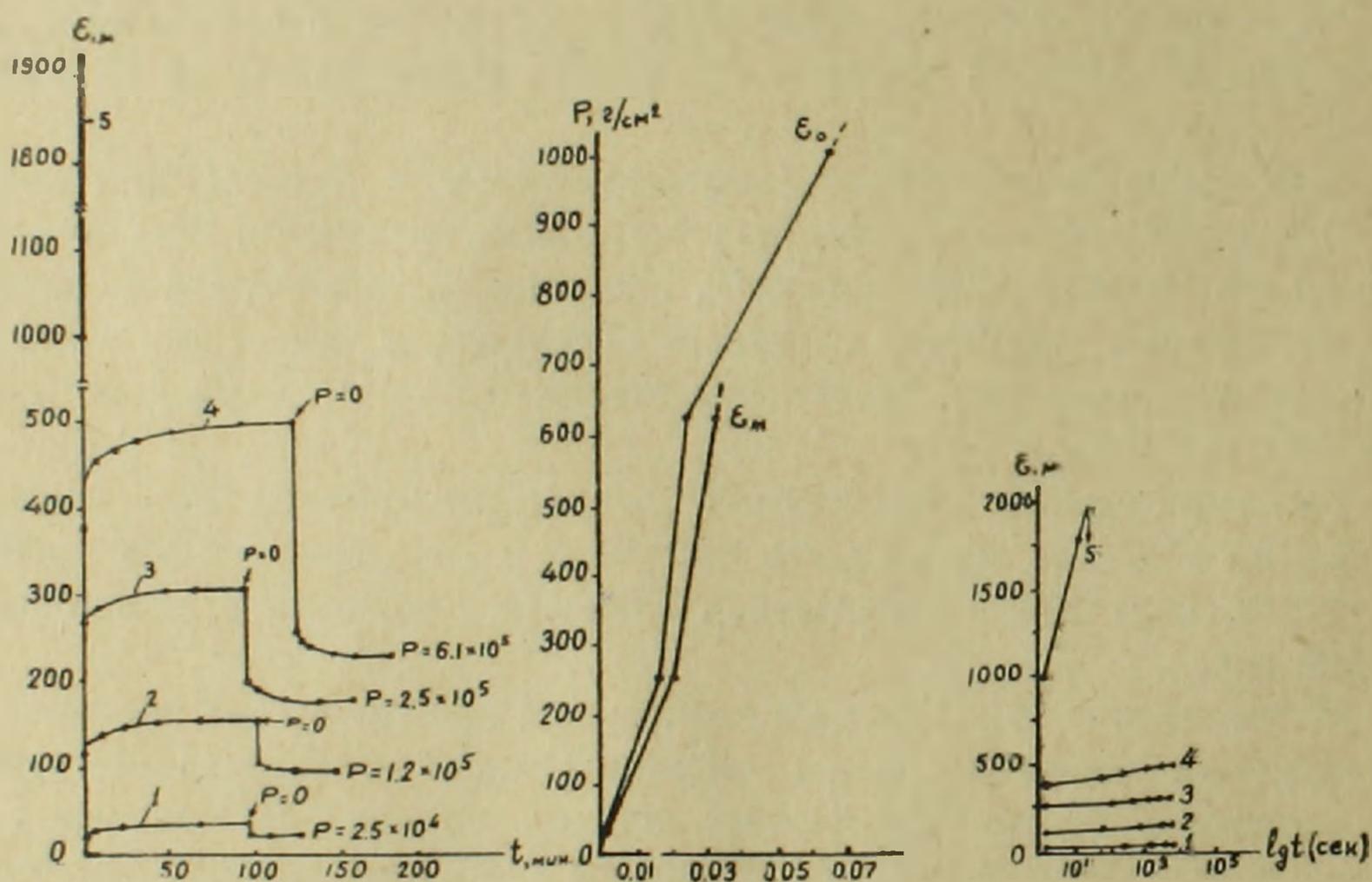
При постоянно заданном напряжении сдвига (P) измерялось нарастание деформации сдвига E во времени до достижения постоянной скорости $dE/dt = \text{const}$ (или по терминологии П. А. Ребиндера до «выхода на прямую»), после чего производилась разгрузка ($P=0$). Тогда наблюдался спад условно-мгновенной (упругой) деформации и постоянный спад замедленной (эластической) деформации. После разгрузки, во времени, деформация достигает постоянной величины — остаточная деформация, при помощи которой подсчитывается вязкость (η , пуаз).

По полученным семействам кривых кинетики развития деформации при постоянных напряжениях сдвига и спада деформации после разгрузки рассчитаны все величины, характеризующие структурно-механические свойства исследуемых глинистых пород (фиг. 1, 2, табл. I)

где E_1 — условно-мгновенный модуль упругости,

E — равновесный модуль упругости,

E_2 — эластический модуль упругости.



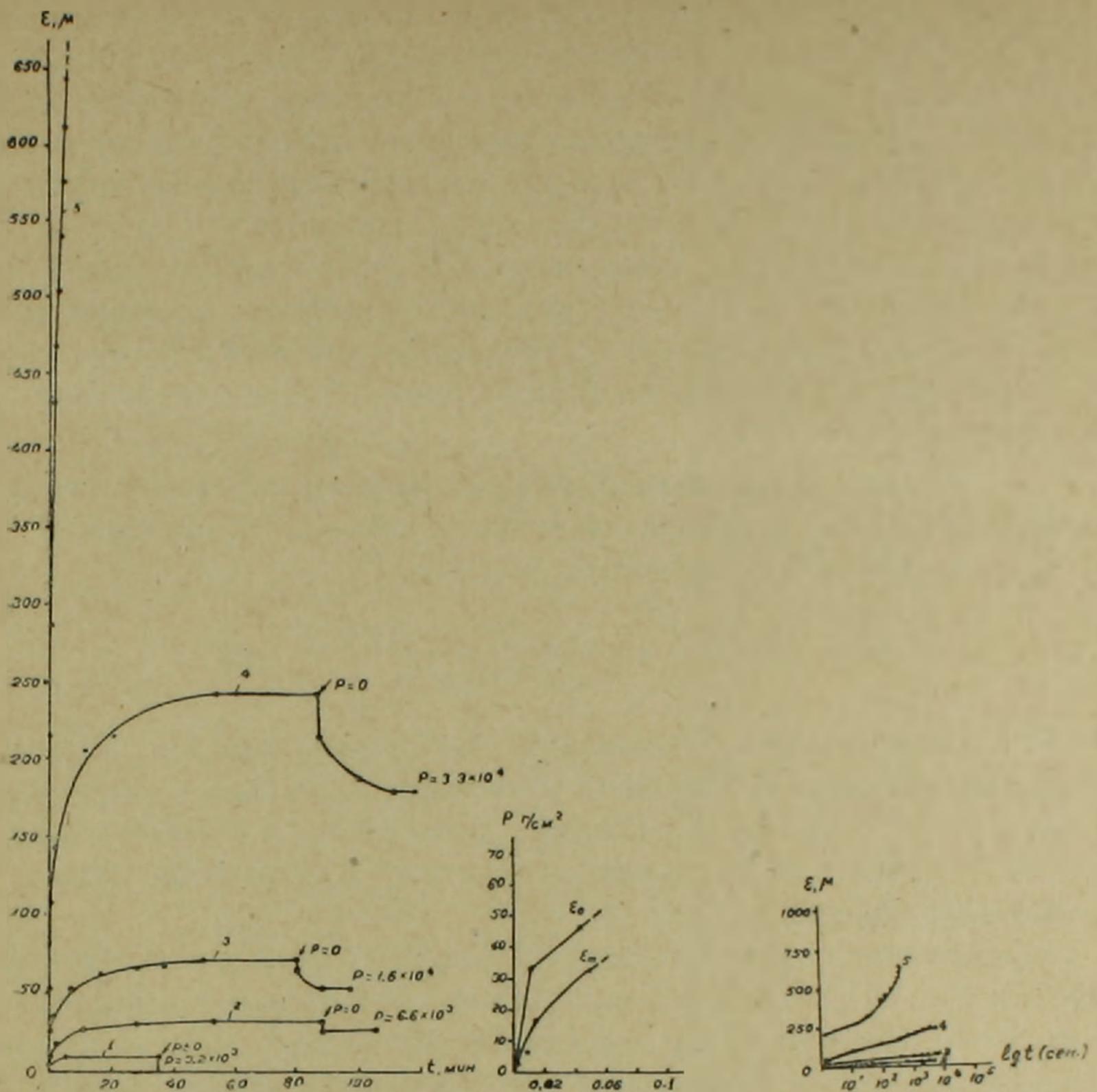
Фиг. 1.

Кинетика развития деформации при постоянных напряжениях сдвига и спада деформации после мгновенной разгрузки для образца 4600 естественной структуры Ленинанканской глины:

1. $P = 25 \text{ г/см}^2$; $W = 36,86\%$
2. $P = 125 \text{ г/см}^2$; $W = 34,84\%$
3. $P = 250 \text{ г/см}^2$; $W = 34,85\%$
4. $P = 625 \text{ г/см}^2$; $W = 38,20\%$
5. $P = 1000 \text{ г/см}^2$; $W = 32,04\%$

Зависимость условно-мгновенной (E_0) и наибольшей упругой (E_m) деформаций от напряжения сдвига.

То же в логарифмическом масштабе.



Фиг. 2.

Кинетика развития доформации при постоянных напряжениях сдвига и спада деформации после мгновенной разгрузки для образца 4600 нарушенной структуры:

1.	$P = 3,3 \text{ г/см}^2$;	$W = 79,39\%$
2.	$P = 6,7 \text{ г/см}^2$;	$W = 78,49\%$
3.	$P = 16,7 \text{ г/см}^2$;	$W = 78,01\%$
4.	$P = 33,3 \text{ г/см}^2$;	$W = 77,09\%$
5.	$P = 46,7 \text{ г/см}^2$;	$W = 77,43\%$

Зависимость условно-мгновенной (E_0) и наибольшей упругой (E_m) деформаций от напряжения сдвига.

То же в логарифмическом масштабе.

Сравнение кривых развития деформации исследованных образцов естественной структуры и паст, при влажности, близ естественной, позволяет их разделить на два типа:

I тип. К этому типу относятся пасты Ленинанканской глины (обр. 4600), у которой, кроме начального напряжения сдвига ($P=13,6 \text{ г/см}^2$), при разгрузке наблюдается почти мгновенный (в течение 5—10 сек.) полный спад деформации, структура восстанавливается и она по своим свойствам приближается к упруго-хрупким образованиям.

II тип. Ко второму типу относятся все исследуемые образцы естественной структуры и пасты образцов 4614 и 4615. При всех напряжениях сдвига этот тип отличается способностью к развитию остаточных деформаций после разгрузки, вследствие чего стало возможным считать модуль упругости по разгрузке, который, как правило, больше модуля упругости, рассчитанного по ветви развития деформации.

Вышеуказанный факт (увеличение E и упрочнение системы), но с большей разницей между E —разгрузка и E —нагрузка, отмечают также И. М. Горькова и К. Н. Рябичева (1959), который объясняется уплотнением и ориентацией частиц в плоскости сдвига образцов по наибольшей площади соприкосновения.

При помощи определяемых непосредственным измерением величин деформации сдвига, вычислялось значение наибольшей предельной вязкости неразрушенной структуры по формуле:

$$\eta = \frac{P}{(dE/dt) m}$$

Исследуемые образцы отличаются достаточно высокой вязкостью (пасты имеют вязкость в среднем 10 порядка, а образцы с естественной структурой — 11 порядка) и обладают способностью к течению типа ползучести без заметного разрушения структуры, развивая при этом остаточные деформации.

Реологические свойства исследуемых глин с нарушенной структурой определялись на ротационном вискозиметре Воларовича с коаксальными цилиндрами, основанном на деформации однородного сдвига в узком зазоре между двумя цилиндрами, где деформации сдвига являются неограниченными и определяются числом оборотов внутреннего подвижного цилиндра, а предельное напряжение сдвига (предел текучести) и вязкость по расчетным формулам.

С помощью вискозиметрических определений получены значения статического (P_{k-1}) и динамического (P_{k-2}) пределов текучести, условной границы практически неразрушенной структуры (P_r), характеризующей переход от области течения глин с вязкостью ползучести к лавинному разрушению структуры, предела пластично-вязкого разрушения структуры P_r , вязкости близ предела текучести $\eta_{P_{k-1}}$, наименьшей вязкости практически предельно разрушенной структуры η_m и отношение $\eta_{P_{k-1}}/\eta_m$ (табл. 2; фиг. 3, 4).

Для всех образцов реологические свойства определялись при трех влажностях (W):

- 1) влажность ниже границы текучести;
- 2) влажность близ границы текучести и
- 3) влажность выше границы текучести.

По данным табл. 2 изученные глинистые пасты, по приведенной влажности (W/W_f) можно сгруппировать в двух типах.

К первому относятся пасты глин с приведенной влажностью от 0,83

Структурно-механические свойства исследуемых глинистых пород

Глубина взятия образца в м	W %	$\frac{W}{W_f}$	Структу- ра	P	E ₁	E	E ₂	λ	E, дин/см ² (по разгруз- ке)	η пуаз	Θ сек.
				дин/см ²							
				5	6	7	8				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Обр. 4600, гл. 2,5	43,97	0,57	Паста	1,3·10 ⁴	1,9·10 ⁷	2,1·10 ⁶	2,3·10 ⁶	0,90	1,2·10 ⁷	5,0·10 ¹⁰	2,4·10 ⁴
"	43,42	0,57	"	3,3·10 ⁴	9,1·10 ⁶	4,6·10 ⁶	9,1·10 ⁶	0,50	—	—	—
"	36,27	0,47	"	2,2·10 ⁵	6,1·10 ⁶	3,4·10 ⁶	7,6·10 ⁶	0,45	—	—	—
"	34,72	0,45	"	3,2·10 ⁵	8,0·10 ⁶	2,8·10 ⁶	4,2·10 ⁶	0,66	—	—	—
"	34,71	0,45	"	4,9·10 ⁵	6,8·10 ⁶	—	—	—	—	—	—
То же	79,39	1,04	"	3,2·10 ³	3,0·10 ⁶	1,8·10 ⁶	4,5·10 ⁶	0,40	—	—	—
"	78,49	1,03	"	6,6·10 ³	2,9·10 ⁶	8,1·10 ⁵	1,1·10 ⁶	0,73	4,9·10 ⁶	3,2·10 ¹⁰	3,9·10 ⁴
"	78,01	1,02	"	1,6·10 ⁴	3,0·10 ⁶	1,1·10 ⁶	1,8·10 ⁶	0,63	1,2·10 ⁷	2,4·10 ¹⁰	2,2·10 ⁴
"	77,09	1,01	"	3,3·10 ⁴	3,0·10 ⁶	6,7·10 ⁵	8,6·10 ⁵	0,77	6,1·10 ⁶	1,7·10 ¹⁰	2,5·10 ⁴
"	77,43	1,01	"	4,6·10 ⁴	1,1·10 ⁶	—	—	—	—	—	—
Обр. 4614, гл. 3,0	70,72	0,77	"	1,4·10 ⁴	1,6·10 ⁷	6,4·10 ⁶	1,1·10 ⁷	0,59	—	—	—
"	69,96	0,76	"	2,3·10 ⁴	5,1·10 ⁶	2,5·10 ⁶	5,1·10 ⁶	0,50	2,5·10 ⁷	6,4·10 ¹⁰	2,6·10 ⁴
"	69,39	0,75	"	3,3·10 ⁴	4,8·10 ⁶	2,8·10 ⁶	6,5·10 ⁶	0,43	1,2·10 ⁷	5,9·10 ¹¹	2,1·10 ⁵
"	68,90	0,75	"	6,5·10 ⁴	6,1·10 ⁶	2,3·10 ⁶	3,6·10 ⁶	0,63	9,1·10 ⁶	3,0·10 ¹⁰	1,3·10 ⁴
"	67,11	0,73	"	1,3·10 ⁵	3,6·10 ⁶	—	—	—	—	—	—
То же	90,82	0,99	"	6,6·10 ³	9,1·10 ⁶	1,5·10 ⁶	1,8·10 ⁶	0,84	—	—	—
"	90,93	0,99	"	1,3·10 ⁴	2,5·10 ⁶	9,3·10 ⁵	1,5·10 ⁶	0,63	7,4·10 ⁶	2,5·10 ¹¹	2,7·10 ⁵
"	92,98	1,01	"	3,3·10 ⁴	1,5·10 ⁶	4,1·10 ⁵	5,7·10 ⁵	0,72	2,3·10 ⁶	1,7·10 ¹⁰	4,1·10 ⁴
"	90,02	0,98	"	4,6·10 ⁴	1,8·10 ⁶	—	—	—	—	—	—
Обр. 4615, гл. 1,5	45,93	0,55	"	1,3·10 ⁴	1,9·10 ⁷	2,3·10 ⁶	2,6·10 ⁶	0,88	3,7·10 ⁷	1,1·10 ¹¹	4,8·10 ⁴
"	44,16	0,53	"	1,3·10 ⁵	1,8·10 ⁶	8,1·10 ⁵	1,5·10 ⁶	0,55	3,4·10 ⁶	1,1·10 ¹⁰	1,4·10 ⁴
"	43,22	0,52	"	2,0·10 ⁵	2,5·10 ⁶	—	—	—	—	—	—

Продолж. табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Обр. 4615, гл. 1,5	78,96	0,94	Паста	$6,6 \cdot 10^1$	$7,3 \cdot 10^6$	$9,7 \cdot 10^5$	$1,1 \cdot 10^6$	0,87	$4,9 \cdot 10^6$	$1,4 \cdot 10^{10}$	$1,4 \cdot 10^4$
"	78,89	0,94	"	$2,0 \cdot 10^1$	$2,2 \cdot 10^6$	$5,8 \cdot 10^6$	$7,9 \cdot 10^5$	0,74	$2,9 \cdot 10^6$	$5,1 \cdot 10^9$	$8,8 \cdot 10^2$
"	77,59	0,93	"	$3,3 \cdot 10^1$	$3,0 \cdot 10^6$	$9,1 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^6$	0,70	$1,7 \cdot 10^6$	$6,8 \cdot 10^9$	$7,5 \cdot 10^2$
"	78,79	0,94	"	$4,6 \cdot 10^1$	$2,1 \cdot 10^6$	—	—	—	—	—	—
Обр. 4600, гл. 2,5	36,86	0,48	Ест.	$2,5 \cdot 10^4$	$1,8 \cdot 10^7$	$1,1 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^7$	0,42	$3,1 \cdot 10^7$	$1,6 \cdot 10^{11}$	$1,5 \cdot 10^4$
"	34,84	0,46	"	$1,2 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^7$	$4,5 \cdot 10^7$	0,27	$3,5 \cdot 10^7$	$2,3 \cdot 10^{11}$	$1,9 \cdot 10^4$
"	34,85	0,46	"	$2,5 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^7$	$9,0 \cdot 10^7$	0,14	$3,4 \cdot 10^7$	$2,4 \cdot 10^{11}$	$2,0 \cdot 10^4$
"	38,20	0,50	"	$6,1 \cdot 10^5$	$2,4 \cdot 10^7$	$1,8 \cdot 10^7$	$7,8 \cdot 10^7$	0,24	$3,8 \cdot 10^7$	$3,2 \cdot 10^{11}$	$1,8 \cdot 10^4$
"	32,04	0,42	"	$9,8 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^7$	—	—	—	—	—	—
Обр. 4614, гл. 3,0	33,48	0,36	"	$2,5 \cdot 10^4$	$3,1 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^7$	$3,1 \cdot 10^7$	0,50	—	—	—
"	34,62	0,38	"	$2,5 \cdot 10^5$	$7,7 \cdot 10^6$	$7,1 \cdot 10^6$	$9,7 \cdot 10^7$	0,07	$9,2 \cdot 10^6$	$8,3 \cdot 10^{10}$	$1,2 \cdot 10^4$
"	35,19	0,38	"	$6,1 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^7$	$1,0 \cdot 10^7$	$3,0 \cdot 10^7$	0,38	$1,8 \cdot 10^7$	$2,2 \cdot 10^{11}$	$2,2 \cdot 10^4$
"	32,48	0,35	"	$1,2 \cdot 10^6$	$2,0 \cdot 10^7$	—	—	—	—	—	—
Обр. 4615, гл. 1,5	34,27	0,41	"	$2,5 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^7$	$2,8 \cdot 10^7$	0,42	$2,5 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^{11}$	$1,3 \cdot 10^4$
"	31,75	0,38	"	$2,5 \cdot 10^5$	$8,9 \cdot 10^6$	$7,5 \cdot 10^6$	$5,1 \cdot 10^7$	0,15	$1,1 \cdot 10^7$	$1,4 \cdot 10^{11}$	$1,9 \cdot 10^4$
"	31,13	0,37	"	$6,1 \cdot 10^5$	$1,7 \cdot 10^7$	$9,9 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^7$	0,42	$1,8 \cdot 10^7$	$2,8 \cdot 10^{11}$	$2,8 \cdot 10^4$
"	33,98	0,40	"	$1,2 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^7$	—	—	—	—	—	—

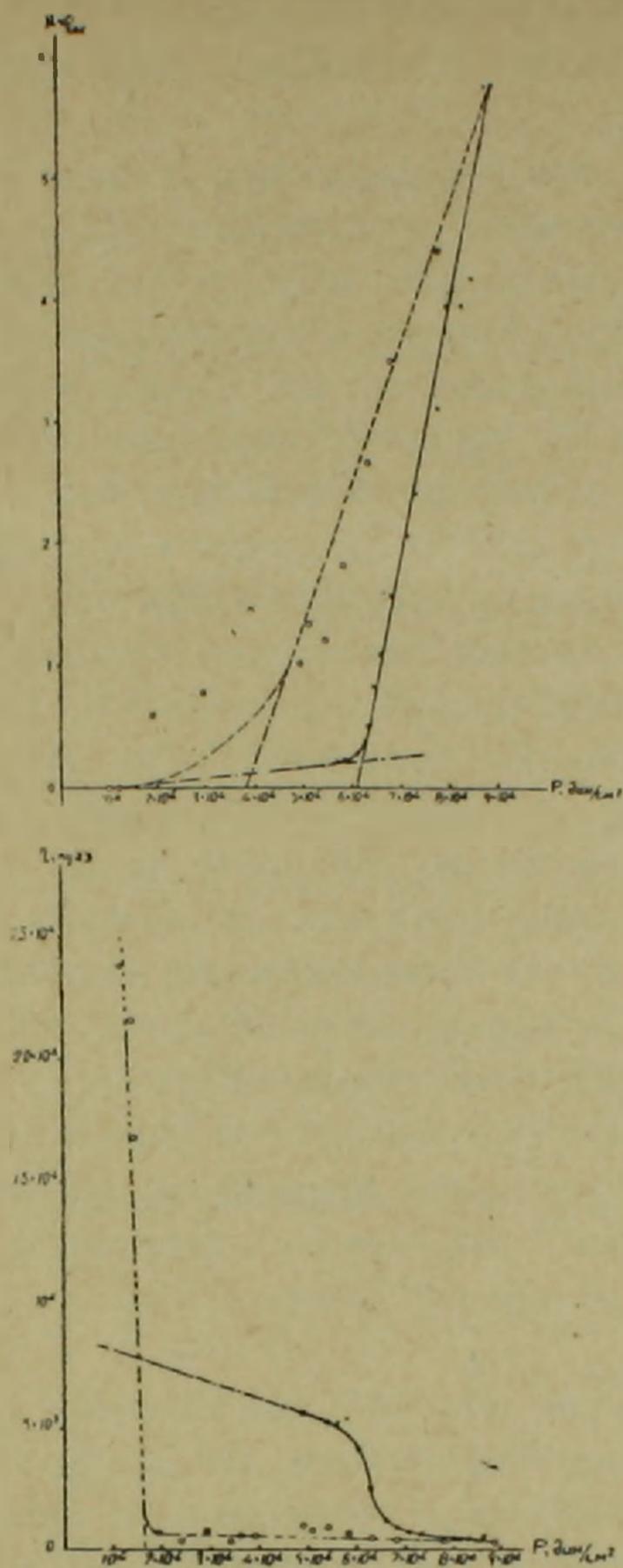
Некоторые реологические характеристики исследованных глинистых пород

Глубина взятия образца в м	W %	$\frac{W}{W_f}$	P_{k-1}	P_r	P_{k-2}	P_r	ηP_{k-1}	τ_{lm}	$\frac{\eta P_{k-1}}{\tau_{lm}}$	$\frac{P_r}{P_{k-1}}$
			дин/см ²				дин. сек/см ²			
Обр. 4600, гл. 2,5	70,91	0,93	$8,5 \cdot 10^4$	$9,5 \cdot 10^4$	$9,6 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^5$	$2,0 \cdot 10^3$	440,5	4,5	1,4
•	72,36	0,95	$1,0 \cdot 10^4$	$5,8 \cdot 10^4$	$6,1 \cdot 10^4$	$8,9 \cdot 10^4$	$8,2 \cdot 10^3$	189,0	48	8,9
•	81,25	1,06	$1,0 \cdot 10^4$	$3,6 \cdot 10^4$	$5,7 \cdot 10^4$	$6,7 \cdot 10^4$	$6,0 \cdot 10^3$	202,7	30	6,7
Обр. 4614, гл. 3,0	78,06	0,85	$3,7 \cdot 10^4$	$5,1 \cdot 10^4$	$5,3 \cdot 10^4$	$7,6 \cdot 10^4$	$1,4 \cdot 10^4$	263,7	53	2,3
•	87,67	0,95	—	—	$4,3 \cdot 10^4$	$5,3 \cdot 10^4$	—	363,6	—	—
•	100,16	1,09	—	—	$1,0 \cdot 10^4$	$1,1 \cdot 10^4$	—	91,0	—	—
Обр. 4615, гл. 1,5	69,26	0,83	$6,7 \cdot 10^4$	$8,0 \cdot 10^4$	$9,1 \cdot 10^4$	$1,1 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^4$	286,0	45	1,6
•	81,17	0,97	$3,4 \cdot 10^4$	$4,8 \cdot 10^4$	$4,9 \cdot 10^4$	$1,05 \cdot 10^5$	$1,1 \cdot 10^4$	187,0	59	3,1
•	93,01	1,11	$1,4 \cdot 10^4$	$3,0 \cdot 10^4$	$3,1 \cdot 10^4$	$5,1 \cdot 10^4$	$2,1 \cdot 10^4$	105,3	200	3,6

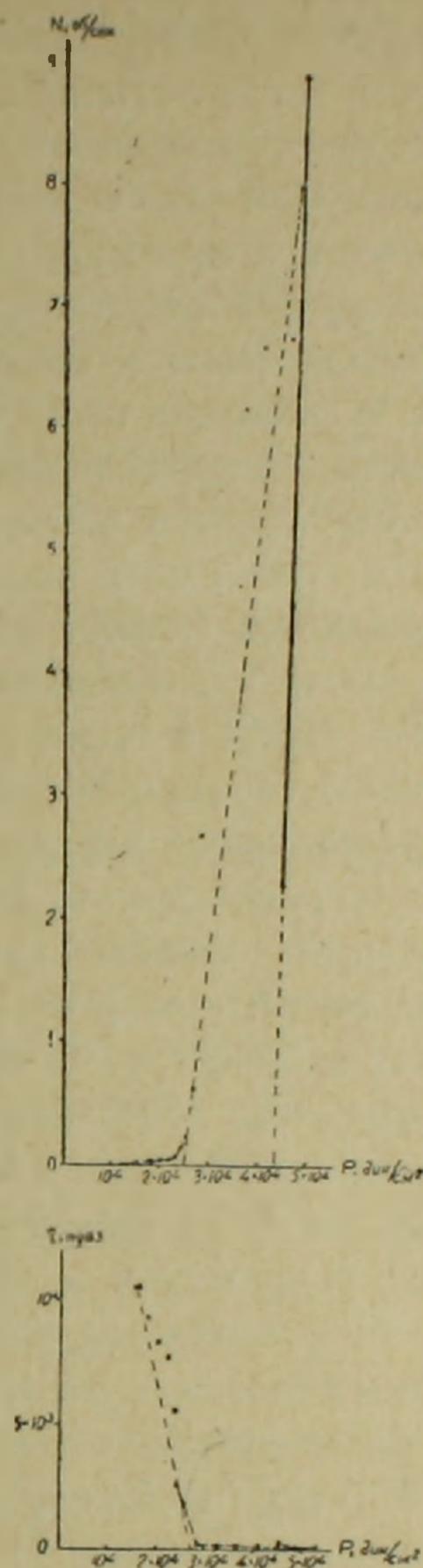
Таблица 3

Гранулометрический и микроагрегатный составы исследуемых глинистых пород

Глубина взятия образца в м	W %	Способ подготовки к анализу	Содержание фракций, %						Порода по дорож- ной классифика- ции
			размер частиц, мм						
			>0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	>0,001	
М и к р о а г р е г а т н ы й а н а л и з									
Обр. 4600, гл. 2,5	91,06	Растирание в дистиллирован- ной воде	3,03	6,86	21,59	15,38	53,14	7,65	Глина
Обр. 4614, гл. 3,0	88,25		0,47	2,75	28,48	15,29	25,36	27,65	Глина
Обр. 4615, гл. 1,5	96,27		0,22	3,40	18,31	16,58	6,21	55,28	Глина
Г р а н у л о м е т р и ч е с к и й а н а л и з									
Обр. 4600, гл. 2,5	52,12	Растирание + 10 мл пирофос- фата натрия	0,16	1,05	2,84	7,17	19,82	68,96	Глина
Обр. 4614, гл. 3,0	91,62	Растирание + 7 мл пирофос- фата натрия	0,16	2,40	11,13	8,29	25,07	52,95	Глина
Обр. 4615, гл. 1,5	77,93	То же	0,11	2,75	6,67	3,59	17,12	69,76	Глина



Фиг. 3. Реологическая кривая и зависимость эффективной вязкости от действующего напряжения О-ной глины (Ленинкан, обр. 4600, гл. 2,5 м; $W = 72,36\%$).



Фиг. 4. Реологическая кривая и зависимость эффективной вязкости от действующего напряжения О-ной глины (Ахурик, обр. 4614, гл. 3,0 м; $W = 87,67\%$).

до 0,97, что говорит о их пластичном состоянии. Значение условного предела текучести колеблется $(1,0-8,5) \cdot 10^4$ дин. $см^{-2}$, причем предел прочности превышает $P_{к-1}$ в 1,4—8,9 раз.

Величина наименьшей вязкости $\eta_m = 187,0-440,5$ пуаз, достигая минимального значения у обр. 4615 при влажности близ границы текучести.

Ко второму относятся пасты глин с приведенной влажностью от 1,06 до 1,11. Как правило, значения условного предела текучести $(1,0 \cdot 10^4-1,4 \cdot 10^4$ дин. $см^{-2}$) и предела прочности $(1,1 \cdot 10^4-6,7 \cdot 10^4$ дин. $см^{-2}$) этого типа малы по сравнению с первым. Предел прочности превышает условный предел текучести в 3,6—6,7 раз.

Пасты этого типа отличаются малыми значениями наименьшей вязкости τ_m (91,0—202,7), достигая минимального значения у обр. 4614 при влажности больше границы текучести.

Интересно поведение обр. 4614 при реологических исследованиях. Паста обр. 4614 как бы двойного поведения. При влажностях близ границы текучести и выше при нагрузке область близ предела P_{k-1} реологической кривой отсутствует и она представляет прямую линию, по которой можно считать только условный динамический предел текучести P_{k-2} , т. е. глинистая паста ведет себя как упруго-хрупкое тело. По нашему мнению, такое поведение пасты можно объяснить местным уплотнением структуры в плоскости сдвига за счет увеличения ориентации, действием коллоидных пленок кремнекислот, образующихся на поверхности силикатов (пленки делают возможным цементирование частиц глин), в особенности находящихся в высокодисперсном состоянии (И. В. Гребенщиков, 1937), а также неоднородностью дисперсной части обр. 4614 (содержание частиц $0,005—0,001=25,07$, а $<0,001 = 52,95$, см. табл. 3), которые увеличивают внутреннее сопротивление глинистой пасты приложенной нагрузки. Но, по мере увеличения приложенной нагрузки начинается сжатие глинистой массы, вследствие более или менее полного разрушения связей между частицами и дегидратации коллоидных пленок в контактах частиц, т. е. — хрупкое разрушение глинистой пасты.

Кривые обр. 4614 типичные реологические кривые упруго-пластических тел, на которых в некотором интервале напряжений ($(0,7—4,8) \cdot 10^4$ дин. см⁻²) наблюдается лавинное разрушение структуры при переходе напряжений через условный предел текучести ($P < P_{k-2}$), а область P_{k-2} выражена прямой.

Таким образом, о двойном поведении обр. 4614 при нагрузке и разгрузке свидетельствует также характер деформации. По Л. А. Шрейнеру (1950) все горные породы по своим деформационным свойствам разделяются на три группы: 1) упруго-хрупкие, для которых характерно сохранение линейной зависимости между напряжением и деформацией до самого разрушения; 2) упруго-пластичные, для которых четко выделяются упругая и пластическая области деформации и 3) не дающие разрушения при вдавливании штампа.

Для изучения структурно-механических свойств глин применялся метод конического пластометра П. А. Ребиндера, который дает возможность проводить измерения при малых деформациях сдвига, т. е. малых градиентах скорости.

Этот метод состоит в определении глубины погружения конуса в исследуемую систему под действием постоянной нагрузки F .

Величина пластической прочности P_m вычисляется по среднему погружению конуса h ср., вызываемому данной нагрузкой F , причем, погружение конуса вызывает выпирание вокруг него глинистой массы, вследствие чего напряжение сдвига P , вызывающее это течение, определяется проекцией, действующей на конус силы F на образующую конуса

l , отнесенную к единице площади соприкосновения конуса с глинистой массой S (фиг. 5)

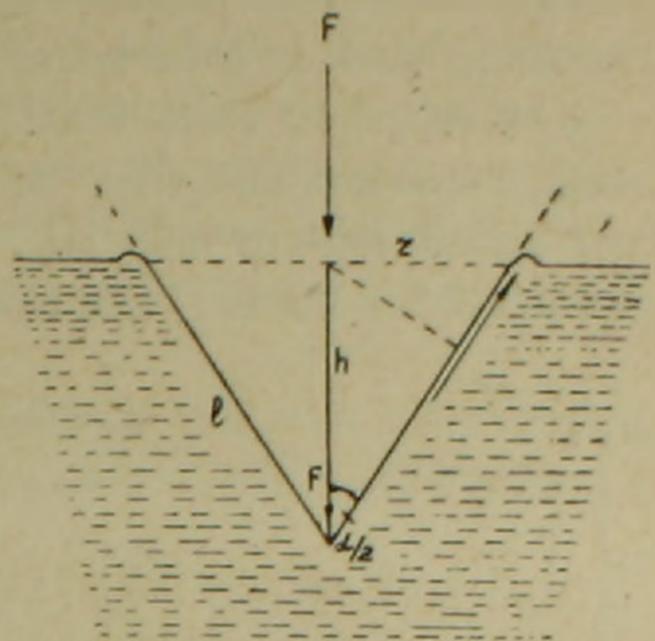
$$P_m = \frac{F_1}{S} = \frac{F \cdot \cos \alpha/2}{\pi r \cdot l};$$

$$r = h \cdot \operatorname{tg} \alpha/2; \quad l = \frac{h}{\cos \alpha/2};$$

$$S = \pi r l = \pi h^2 \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha/2}{\cos \alpha/2};$$

$$P_m = \frac{F}{\pi h^2} \cdot \frac{\cos^2 \alpha/2}{\operatorname{tg} \alpha/2} = \frac{F}{h^2} \cdot \frac{1}{\pi} \cos^2 \alpha/2 \operatorname{ctg} \alpha/2;$$

$$P_m = K_\alpha \cdot \frac{E}{h_{\text{ср}}^2},$$



Фиг. 5.

где $K_\alpha = \frac{1}{\pi} \cdot \cos^2 \alpha/2 \cdot \operatorname{ctg} \alpha/2$ — константа конуса, зависящая только от угла α при его вершине.

Таблица 4

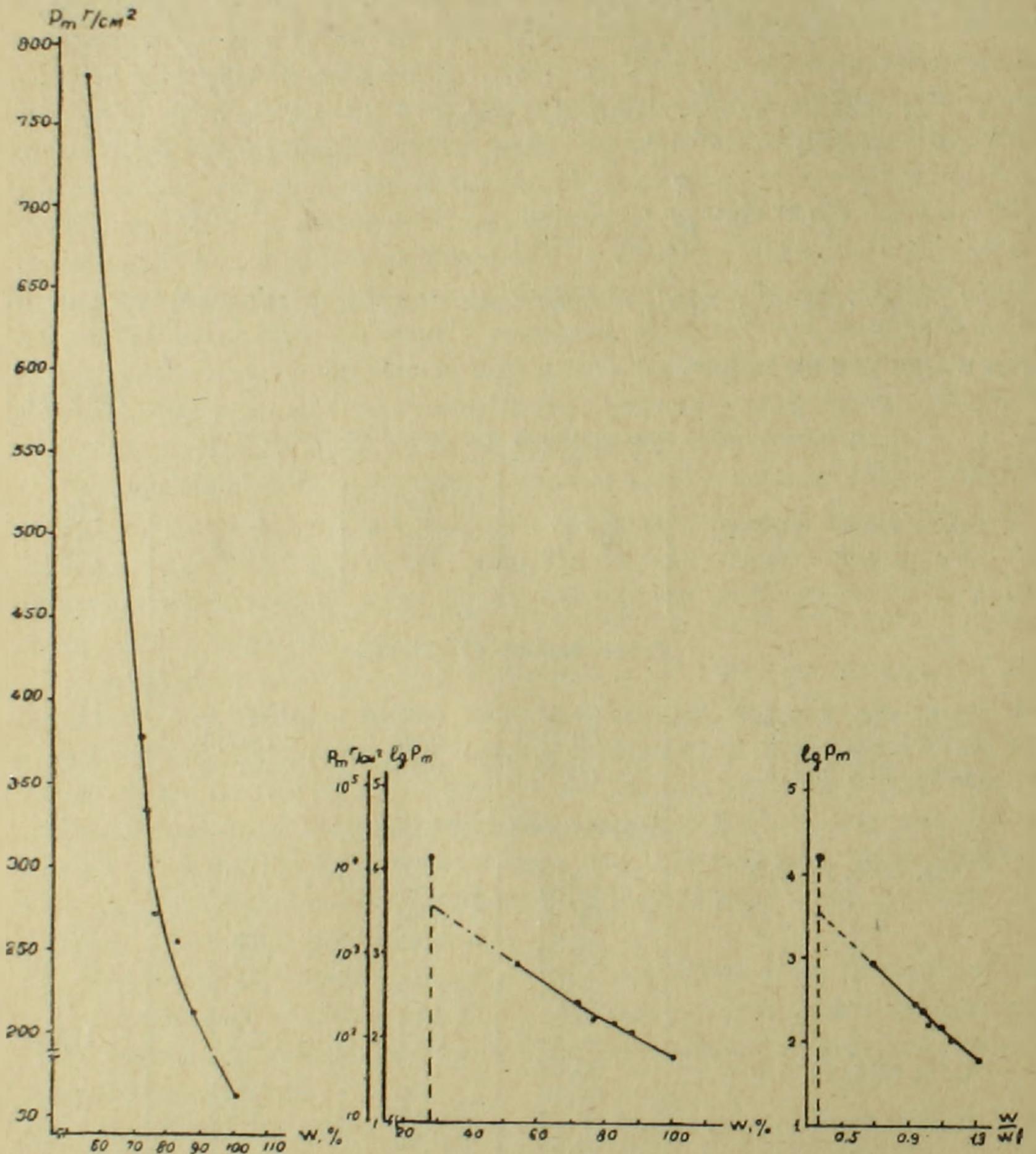
Зависимость пластической прочности от влажности

Глубина взятия образца в м	W %	$\frac{W}{W_1}$	P_m Г/см ²	$\frac{P_{\text{ест.}}}{P_{\text{нар.}}}$
Естественная структура				
Обр. 4600, л. 2,5	28,65	0,37	15592,3	
Обр. 4614, л. 3,0	61,41	0,67	7443,9	
Обр. 4614, л. 1,5	27,48	0,33	31933,3	
Нарушенная структура				
Обр. 4600, гл. 2,5	76,65	1,00	172,6	
"	73,95	0,97	233,8	
"	72,15	0,94	277,9	
"	82,59	1,08	155,6	
"	53,73	0,70	779,8	
"	87,95	1,15	114,1	
"	100,39	1,31	63,5	
"	28,50	0,37	1375,0	11,34
Обр. 4614, гл. 3,0	93,41	1,02	166,0	
"	92,10	1,00	178,1	
"	89,52	0,97	209,3	
"	69,48	0,76	554,2	
"	100,11	1,09	107,7	
"	108,59	1,18	108,6	
"	61,50	0,67	691,0	10,77
Обр. 4615, гл. 1,5	75,64	0,90	183,1	
"	39,04	0,47	2375,2	
"	51,63	0,62	804,3	
"	49,85	0,60	916,5	
"	81,76	0,98	167,9	
"	66,38	0,79	255,3	
"	27,50	0,33	3700,3	8,63

Достоинством конического метода является то, что он позволяет получить характеристику глин в большом диапазоне влажностей.

Сравнение полученных данных показывает, что пасты изученных глин по прочности отличаются меньше, чем естественные структуры.

Как видно из табл. 4 естественная структура отличается значительно большей прочностью, чем паста при близких влажностях (чувствительность колеблется от 8,63 до 11,34), причем, чем выше в глинах содержание глинистых частиц, тем прочнее глина.



Фиг. 6.

Зависимость пластической прочности пасты обр. 4600 от влажности.

Зависимость пластической прочности пасты и естественной структуры (верхняя точка) обр. 4600 от влажности.

Зависимость пластической прочности пасты и естественной структуры (верхняя точка) от относительной влажности.

Действительно, для обр. 4600 (фиг. 6) содержание фракции $<0,001$ мм равняется 68,96% и для обр. 4615—69,76%, соответственно пластическая прочность равняется для обр. 4600 $15,59 \text{ кг/см}^2$ (естественная структура) и $1,38 \text{ кг/см}^2$ (нарушенная структура), для обр. 4615— $31,93 \text{ кг/см}^2$ (естественная структура) и $3,70 \text{ кг/см}^2$ (нарушенная структура), а для обр. 4614 содержание фракции $<0,001$ мм—52,95% и имеет меньшую пластическую прочность— $7,44 \text{ кг/см}^2$ (естественная структура) (и 691 г/см^2) (нарушенная структура).

Из вышеизложенного ясно, что при нарушении структуры прочность глинистых пород резко падает, на что необходимо обратить внимание в инженерно-геологической практике.

В ы в о д ы

Исследованные глинистые породы по дорожной классификации являются типичными глинами с высоким содержанием глинистых частиц.

Они относятся к группе высокопластичных глин с числом пластичности от 36,2 до 44,4.

На основании кинетики развития деформации исследованных образцов, при влажности близ естественной, их можно разделить на два типа:

I тип. Для этого типа, в основном, при разгрузке характерен почти мгновенный (в течение 5—10 сек.) полный спад деформации, структура восстанавливается и напоминает упруго-хрупкое тело.

II тип. Характеризуется наличием остаточных деформаций после разгрузки.

Исследуемые образцы естественной структуры имеют вязкость II порядка, нарушенной структуры — I порядка и обладают способностью к течению типа ползучести без заметного разрушения структуры, развивая остаточные деформации.

По данным реологических исследований глинистые пасты по приведенной влажности сгруппированы в двух типах:

1. С приведенной влажностью от 0,83 до 0,97, для которого $P_{k-1} = (1,0-8,5) \cdot 10^4 \text{ дин. см}^{-2}$ причем предел прочности P_r превышает P_{k-1} в 1,4—8,9 раз, а $\eta_m = 187,0-440,4$ пуаз.

2. С приведенной влажностью от 1,06 до 1,11, но с малыми значениями P_{k-1} и P_r по сравнению с первым, а также η_m (91,0—202,7 пуаз).

Характер реологических кривых обр. 4614 говорит о его двойном поведении: при нагрузке он себя ведет как упруго-хрупкое тело, а при разгрузке — как типичное упруго-пластичное тело. Такое поведение объясняется местным уплотнением структуры в плоскости сдвига при деформации, действием коллоидных пленок кремнекислот, неоднородностью дисперсной части породы, интенсивность проявления которых зависит, в основном, от условий образования породы и влагосодержания.

Изучение пластической прочности на пластометре П. А. Ребиндера показало, что пасты исследованных глин по прочности меньше различа-

ются, чем естественные структуры (см. табл. 4), причем, чем выше в глинах содержание глинистых частиц, тем прочнее глина.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР
Лаборатория гидрогеологических
проблем АН СССР

Поступила 15.1.1961.

Գ. Բ. ՍԱՐԿՅԱՆ

ԼԵՆԻՆԱԿԱՆԻ ԴԱՇՏԱՎԱՅՐԻ ՍՏՈՐԻՆ ՉՈՐՐՈՐԴԱԿԱՆ ԿԱՎԱՅԻՆ
ԱՊԱՐՆԵՐԻ ՍՏՐՈՒԿՏՈՒՐԱ-ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Լենինականի դաշտավայրի կավերի ստրուկտուրա-մեխանիկական հատկությունների ուսումնասիրությունը կատարվել է ՍՍՏՄ ԳԱ Հիդրոերկրաբանական պրոբլեմների լաբորատորիայի ինժեներական երկրաբանության լաբորատորիայում Ի. Մ. Գորկովայի ղեկավարությամբ:

Հետազոտվող կավային ապարները ըստ ճանապարհային դասակարգման հանդիսանում են տիպիկ կավեր կավային մասնիկների բարձր պարունակությամբ: Նրանք դասվում են բարձր պլաստիկությամբ կավերի խմբին՝ 36,2—44,4 պլաստիկության թվով:

Հետազոտվող նմուշների ստրուկտուրա-մեխանիկական հատկությունների նախնական ուսումնասիրությունը կատարվել է բնական ստրուկտուրայով կավերի և նրանց պաստանների վրա, որոնք ստացվում էին կավային փոշին թորած ջրում շաղախելով:

Դեֆորմացիայի փոփոխման կինետիկայի ուսումնասիրությունը տեղաշարժի տարբեր հաստատուն լարվածությունների և ակնթարթային բեռնաթափումից հետո դեֆորմացիայի անկման պայմաններում կատարվել է բնական ստրուկտուրաների դեպքում Մասլովի գործիքի վրա, իսկ պաստանների դեպքում՝ Տոլստոյի գործիքի վրա Ռեբինդերի (1956) մեթոդով:

Ստացված կորերով հաշվված են բոլոր այն մեծությունները, որոնք բնորոշում են հետազոտվող կավային ապարների ստրուկտուրա-մեխանիկական հատկությունները (տես աղյուսակ 1):

Բնական խոնավությանը մոտ խոնավության դեպքում դեֆորմացիայի փոփոխման կինետիկայի հիման վրա հետազոտվող նմուշները կարելի է բաժանել երկու տիպի՝

1 տիպ.— Այս տիպի համար, հիմնականում, բեռնաթափման դեպքում բնորոշ է համարյա ակնթարթային (5—10 վրկ. ընթացքում) դեֆորմացիայի լրիվ անկում, ստրուկտուրան վերականգնվում է և հիշեցնում է առաձգական-փխրուն մարմին:

2-րդ տիպ.— Բնորոշվում է բեռնաթափումից հետո մնացորդային դեֆորմացիայի առկայությամբ:

Հետազոտվող բնական ստրուկտուրայով նմուշները ունեն 11-րդ կարգի մածուցիկություն, խախտված ստրուկտուրայով՝ 10-րդ կարգի և ընդունակ են սողքի տիպի հոսման, զարգացնելով մնացորդային դեֆորմացիաներ:

Ուսումնասիրվող կավերի ռեոլոգիական հատկությունները (խախտված ստրուկտուրայով) որոշվել են վոլարովիչի ուստացիոն վիսկոզիմետրով, որով ստացվել են հոսման սահմանի (P_{k-1}) և դինամիկ (P_{k-2}) սահմանները, պրակտիկորեն չքայքայված ստրուկտուրայի պայմանական սահմանը (P'_r), ստրուկտուրայի քայքայման պլաստիկ-մածուցիկության սահմանը (P_r) հոսման սահմանին մոտ մածուցիկությունը (ν_{pk-1}), պրակտիկորեն լրիվ քայքայված ստրուկտուրայի մինիմալ մածուցիկությունը (ν_m) և $\nu_{P_{k-1}}$ ν_m հարաբերությունը (տես աղ. 2):

Բոլոր նմուշների համար ռեոլոգիական հատկությունները որոշվել են երեք խոնավությունների դեպքում՝

- 1) խոնավություն ցածր հոսման սահմանից,
- 2) խոնավություն բարձր հոսման սահմանից,
- 3) խոնավություն հոսման սահմանին մոտ:

Ըստ բերված խոնավության և ռեոլոգիական ուսումնասիրությունների տվյալների կավային ապարները խմբավորվում են երկու տիպում՝ 1) բերված խոնավությամբ 0,83-ից մինչև 0,97, որի համար $P_{k-1} = (1,0—8,5 \cdot 10^4$ դինամ⁻², ընդ որում ամրության սահման P_r մեծ է P_{k-1} -ից 1,4—8,9 անգամ, իսկ $P_r = 187,0—440,5$ պուազ, 2) բերված խոնավությամբ 1,06-ից մինչև 1,11, բայց P_{k-1} , P_r և ν_m (91,0—202,8) ավելի փոքր արժեքներով, քան առաջինի մոտ:

4614 նմուշի ռեոլոգիական կորերի բնույթը խոսում է նրա երկակի վարքի մասին՝ բեռնավորման ժամանակ նա իրեն պահում է ինչպես առաձգական-փխրուն մարմին, իսկ բեռնաթափման ժամանակ՝ ինչպես տիպիկ առաձգական պլաստիկ մարմին: Նման վարքը բացատրվում է ստրուկտուրայի տեղական խտացումով տեղաշարժի հարթությունում, դեֆորմացիայի ընթացքում, սիլիկատների կոլոիդային թաղանթների ազդեցությամբ, ապարի դիսպերսիոն մասի անհամասեռությամբ, որոնց դրսևորման ինտենսիվությունը, հիմնականում, պայմանավորված է ապարի առաջացման պայմաններից և խոնավունակությունից:

Հետազոտվող նմուշների պլաստիկ ամրությունը (P_n) ուսումնասիրվել է Ռեբինդերի կոնական պլաստոմետրի (1949) միջոցով, որը թույլ է տալիս չափումներ կատարել տեղաշարժի շատ փոքր դեֆորմացիաների դեպքում: Այս ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ հետազոտվող կավերի պաստաները ամրությամբ քիչ են տարբերվում, քան բնական ստրուկտուրաները (տես աղյուսակ 4), ընդ որում որքան բարձր է կավերում կավային մասնիկների պարունակությունը, այնքան ամուր է կավը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Горькова И. М. Закономерности изменения механических свойств глинистых пород в зависимости от влажности и структурного состояния. Труды ЛГГП, т. 14, 1957.
2. Горькова И. М., Душкина Н. А. и Рябичева К. Н. Структурно-механические свойства илов Черного моря и их изменение в процессе диагенеза. Труды ЛГГП, т. 22, 1959.
3. Горькова И. М. и Рябичева К. Н. Опыт изучения структурно-механических свойств некоторых глинистых пород. Труды ЛГГП, т. 22, 1959.
4. Гребенщиков И. В. Химические реакции на поверхности силикатов и их значение для техники. Изв. АН СССР, отд. техн. наук, № 1, 1937.

5. Михайлов Н. В. и Ребиндер П. А. Структурно-механические свойства дисперсных систем. Коллоидный журнал, т. 17, вып. 2, 1955.
6. Ребиндер П. А. Структурно-механические свойства глинистых пород и современные представления физико-химии коллоидов.
Труды совещания по инж.-геол. свойствам горных пород и методам их изучения, т. 1, М., Изд. АН СССР, 1956.
7. Шрейнер Л. А. Физические основы механики горных пород. Гостоптехиздат, 1950.

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Г. К. ГАБРИЕЛЯН

ОБ УКЛОНАХ РЕЛЬЕФА АРМЯНСКОЙ ССР

Изучение и картирование уклонов имеет большое теоретическое и практическое значение в вопросах сельскохозяйственного освоения земель, борьбы против эрозии и денудации склонов. До сих пор по Армянской ССР не была составлена карта такого рода и представленная нами карта уклонов рельефа Армянской ССР является первой попыткой. Она составлена с помощью номограммы уклонов. Исходя из сельскохозяйственных и геоморфологических целей, нами была принята следующая градация уклонов: 0—5°, 5—10°, 10—20°, 20—30°, 30° и больше. Планиметрируя площади территорий, получаем следующую картину (табл. 1).

Таблица 1

Уклоны в градусах	Площадь в км ²	% от общей площади республики
0—5	7910	28
5—10	4493	16
10—20	7040	25
20—30	5811	20
30° и больше	3059	11

По отдельным административным районам уклоны рельефа распределены следующим образом (табл. 2).

Как показывает таблица 1, наибольшую площадь в республике занимает территория с уклоном 0—5°. Территория с уклонами 0—5°, 5—10°, где можно широко использовать сельскохозяйственную технику и где денудационные процессы слабо выражены, составляет 12400 км², т. е. 44% общей площади республики*. Уклоны больше 20°, где освоение склонов связано с большими затруднениями, занимают территорию площадью 8870 км², т. е. 31%. Таким образом, 1/3 часть территории республики вследствие крутизны склонов фактически не может быть использована под сельскохозяйственные культуры и нуждается в закреплении.

Как показывает карта, распределение уклонов весьма неравномерное. Меньшие уклоны характерны озерно-аллювиальным равнинам и молодым

* В указанную цифру площадь зеркала оз. Севан не включена.

Таблица 2

Районы	0—5 кв. км.	5—10 кв. км.	10—20 кв. км.	20—30 кв. км.	Больше 30 кв. км.	Общая площадь
Агинский	265	94	64	4	2	429
Азизбековский	150	170	454	360	66	1200
Алавердский	25	70	450	340	236	1121
Амасийский	300	150	126	13	5	594
Апаранский	230	140	295	126	25	816
Арташатский	265	90	165	100	22	642
Артикский	260	180	80	26	46	633
Ахурянский	375	93	97	16	4	577
Аштаракский	425	235	180	68	30	937
Басаргечарский	450	120	240	190	128	1128
Вединский	350	132	430	340	110	1362
Горисский	170	108	244	125	105	752
Гукасянский	150	150	154	83	25	561
Ехегнадзорский	44	130	248	496	190	1108
Иджеванский	26	132	460	470	260	1348
Калининский	310	100	194	62	25	691
им. Камо	252	260	74	28	8	622
Кафанский	52	65	270	500	484	1371
Кироваканский	50	60	150	290	231	781
Котайкский	265	400	188	17	11	881
Красносельский	60	57	250	240	90	697
Мартунинский	360	330	235	162	67	1154
Мегринский	10	24	38	326	266	664
Ноемберянский	100	138	245	50	5	538
Октемберянский	605	33	20	15	4	677
Разданский	186	110	316	300	30	942
Севанский	110	90	124	53	2	379
Сисианский	290	303	556	400	170	1719
Спитакский	120	85	176	155	60	596
Степанаванский	155	38	138	150	154	635
Талинский	894	280	110	12	5	1312
Шамшадинский	24	76	237	292	195	824
Эчмиадзинский	390	30	4	1	—	447
Терр. Ергорсовета	220	20	18	2	8	268
Итого в проц.	28	16	25	20	11	100

вулканическим плато. Такими являются Верхне-Ахурянская, Лорийская, Ширакская, Араратская, Апаранская, Масрикская и др. равнины, привершинные плато Арагаца, Гегамского хребта, Сюникского нагорья и др. Своей крутизной склонов резко выделяются на карте складчато-глыбовые горные системцы Малого Кавказа и южной части республики.

Сопоставляя карту уклонов с картами густоты и глубины расчленения территории Армянской ССР, можно установить, что уклоны находятся в функциональной зависимости от густоты и глубины расчленения. Так, в местах с густой сетью долин, с интенсивной глубинной эрозией—уклоны больше. Таким образом, карта уклонов указывает на степень эрозионного расчленения территории. Это нагляднее всего в Загезуре и в бассейнах рр. Дебед, Агстев, Ахум, Тавуш, Хндзорут и др.

В молодых вулканических районах преобладают уклоны 0—10°. Уклоны 10—20° характерны высотам выше 2500 м. Уклоны 20—30° очень ограничены и выступают на высотах 2800—3500 м. Любопытно, что на

привершинных плато уклоны значительно меньше, чем на склонах вулканических массивов. Такая картина нагляднее всего наблюдается на массиве Арагаца и Гегамском хребте. Уклоны больше 30° , как правило, выступают в каньонах рек независимо от гипсометрического положения, в ледниковых карах и кароидах. В молодых кайнозойских лавовых покровах пропилены грандиозные речные каньоны с отвесными склонами, где уклоны $0-5^\circ$ без промежуточных градаций переходят в уклоны больше 30° . Такой резкий переход характерен только для вулканических районов.

Таким образом, уклоны первичного рельефа вулканических массивов отличаются пологими склонами, не превышающими 20° . Участки с уклонами 30° и больше — вторичного порядка и своим образованием обязаны деструктивным процессам. В вулканических районах и в частности на склонах массива г. Арагац уклоны $10-20^\circ$ протягиваются в виде узких лент поперек склона. Они отображают лавовые уступы.



Фиг. 1.

В некоторых вулканических массивах отмечается асимметрия в распределении уклонов. Восточные склоны Мокрых гор и массива Арагаца более круты, нежели западные. Южные склоны Гегамских и Вардениских гор имеют больше крутизны, чем северные и др. По-видимому тенденция увеличения уклонов непосредственно связана с дифференциальными неотектоническими движениями и опусканием базиса эрозии. В западной половине Арагаца преобладают уклоны $0-5^\circ$, совершенно нет уклонов 30° и больше, а уклоны $10-20^\circ$ выступают лишь на некоторых шлаковых и др. конусах. В восточной половине картина иная. Здесь преоблада-

ют уклоны 10—20°, значительную площадь занимают территории с уклонами 20—30° и больше. В северной части Гегамского нагорья выступают пологие, нерасчлененные склоны с мягкими формами рельефа, а южная часть — с крутыми склонами и т. д.

В районах распределения складчато-глыбовых гор базис эрозии значительно ниже, реки отличаются большим падением, исключительной способностью глубинной эрозии. Это обстоятельство нашло свое отражение в интенсивном расчленении рельефа, что видно на карте уклонов. В районах складчато-глыбовых гор наблюдается тенденция увеличения коэффициентов густоты и глубины расчленения, что отражается в денудационных процессах. Следовательно, карта уклонов в известной степени выражает интенсивность денудационных процессов и эрозии.

Ереванский государственный
университет

Поступила 12.VI. 1962.

Հ. Կ. ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌԻ ՌԵԼՅԵՖԻ ԹԵՔՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հեղինակը կազմել է ռելյեֆի թեքությունների քարտեզ, որի համաձայն թեքությունները ռեսպուբլիկայի տերիտորիայում բաշխված են հետևյալ կերպ (առանց Սևանա լճի հայելու). կազմված է նաև թեքությունների աղյուսակ ըստ վարչական շրջանների:

Թեքություն- ընթացիկ ներով	Մակերև- ուր քառ- կմ	Դրաված տա- րած. տակու- նեքով ռես- պուբլի- կայում
0—5	7910	28
5—10	4493	16
10—20	7040	25
20—30	5811	20
30 և ավելի	3059	11

Լանջերի թեքությունը մեծ է ծալքավոր-բեկորավոր լեռների տարածման շրջաններում՝ Փոքր Կովկասի սիստեմի լեռներում ու Զանգեզուրում, որտեղ ինտենսիվ են արտահայտված նորագույն տեկտոնական շարժումները և էրոզիան աշխուժացել է: Փոքրաթեք լանջերը յուրահատուկ են լճա-ալյուվիալ հարթություններին ու լավային պլատոներին, որոնք ձևավորվել են ոչ վաղ երկրաբանական անցյալում և մասնատված չեն գետային էրոզիայով:

Թեքությունների քարտեզը գաղափար է տալիս նորագույն տեկտոնական շարժումների ու դենուդացիոն պրոցեսների ինտենսիվության մասին:

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Г. О. ГРИГОРЯН

О КНИГЕ Э. А. САГАТЕЛЯН «МИНЕРАЛОГИЯ СВИНЦОВО-
СУРЬМЯНЫХ РУД АЗАТЕКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
АРМЯНСКОЙ ССР»

Издательством АН Армянской ССР в 1961 г. была выпущена книга Э. А. Сагателян, посвященная описанию состава руд и анализу парагенетических взаимоотношений минералов в пределах Азатекского свинцово-сурьмяного месторождения. В работе разбирается комплекс вопросов, а именно: строение рудных жил, минералогический состав руд (определены некоторые новые минералы), стадии минерализации, изоморфные примеси в минералах и др. На основании полученных автором данных приведен ряд обоснованных выводов относительно последовательности выделения минералов и стадий минерализации. Работа содержит также некоторые теоретические соображения автора о характере рудообразующей среды, химизме рудоносных растворов, режиме серы и кислорода и величине рН среды при различных стадиях минерализации. Автор попытался также показать приложимость к этим явлениям правила фаз Гиббса, особенно к сульфосолям. В итоге проделанного анализа стало возможным наметить общую схему формирования Азатекского месторождения, определив глубину и температурный интервал образования рудных тел, отношение руд к источнику оруденения и к рудолокализирующим структурам.

По комплексу освещенных вопросов книга Э. А. Сагателян заслуживает серьезного внимания, ибо она является одной из немногочисленных работ, посвященных свинцово-сурьмяному рудообразованию.

Ниже по отдельным главам разбираем работу Э. А. Сагателян, стараясь объективно выявить ее положительные и отрицательные стороны и показать степень обоснованности фактическим материалом некоторых теоретических положений.

Особенности геологического строения месторождения и района (гл. I и II) описаны по данным прежних исследователей. Отсутствие геологической карты с разрезами мешает составлению цельного представления о месторождении и лишает эту часть работы полноценности.

В описании морфологии рудных тел (гл. III) выделены секущие и согласные рудные жилы, приведены данные об их прослеженности по простиранию, по мощности и на глубину, о характере зальбандов, выклинивании жил и т. д. В этой главе несколько неточно определена глубина распространения рудных жил («не более 35—40 м», стр. 25), между тем

известно, что только по естественным выходам жилы прослеживаются до глубины 70—80 м.

В главе «Типы руд» (IV) описываются антимонитовый и сульфоантимонитовый типы руд. Внутри сульфоантимонитового типа выделены четыре подтипа. С последним никак нельзя согласиться, ибо нами не усматривается никаких различий между выделенными подтипами. Нельзя согласиться также с автором, что руды одного и того же месторождения и даже рудного тела отнесены к двум различным семействам (полиметаллическим и сурьмяно-ртутным) и соответственно к образованиям средних и малых глубин (стр. 28). Приведенные здесь же данные химанализов нельзя считать представительными, так как ни в одном из анализов сумма компонентов не достигает ста, а данные спектральных анализов нередко чересчур завышены (Au—0,Х%, Ge и In—0,Х%, стр. 29).

Глава V—«Строение рудных тел и текстурные особенности руд» охватывает основную часть фактического материала, имеющегося в распоряжении автора. Здесь описываются изменения состава руд по простиранию и на глубину рудных тел, обусловленные по автору наложением продуктов более поздних стадий минерализации, зональностью отложения, выраженной понижением содержания свинца, цинка и сурьмы и повышением — золота и серебра с глубиной. В этой главе дается также механизм формирования трех видов поясового строения рудных тел и др. К этой части работы можно сделать следующие замечания.

1. Автор правильно отмечает наличие горизонтальной зональности, но не описывает ее характер. В действительности здесь мы имеем обратную горизонтальную зональность, так как поздний низкотемпературный антимонит большей частью распространен среди гранодиоритов, а ранний высокотемпературный буланжерит, наоборот, в породах экзоконтакта.

2. В обосновании поясного характера строения рудных жил в качестве примера автор приводит жилу № 1 (стр. 54), иллюстрированную на фиг. 22 и 23. Во-первых, неизвестно местоположение этой жилы и, во-вторых, схема симметрично-полосчатого строения (фиг. 22)¹ отнюдь не является отражением полосчатого строения на макрофото образца (фиг. 23), характерного действительно для пологопадающих жил, выполненных продуктами минерализации трех различных стадий.

3. К работе приложены из материала геологоразведочной партии 15 крупных диаграмм, отражающих колебание в рудах содержания металлов или одного металла на различных горизонтах. Важность значения подобных диаграмм при решении практических задач бесспорна, однако в нашем случае в таком количестве и в таких объемах материал принижает научную ценность работы.

4. При объяснении характера поясного строения автор пишет: «Подобное строение жил привело ряд исследователей к выводу, что «буланжеритовая» стадия оруденения является более поздней, чем антимонито-

¹ Объяснения фиг. 22 на стр. 56 и 69 и фиг. 29 на стр. 63 и 68 работы Э. А. Сагателя противоречивые.

вая» (стр. 57), но почему-то не упоминает о существовании — до ее исследования — представления [2], согласно которому буланжеритовая минерализация считалась определенно древнее антимонитовой.

В отдельной главе (VI, стр. 58—66) автором подробно описаны характерные структурные формы руд и выделены типичные *мирмекитовые* сростания сульфoантимонитов, галенита и бурнонита. Верно отмечено также более раннее выделение галенита по отношению к сульфoантимонитам.

Минералы азатекских руд (гл. VII) автором правильно делятся на три группы: рудные гипогенные (главные, второстепенные и редкие), гипергенные и нерудные. Некоторые обычные сульфиды (галенит, сфалерит, пирит и др.) описаны подробно и достаточно верно. Выделение двух разновидностей галенита и трех — сфалерита убедительно и совпадает с существующими представлениями.

В работе Э. А. Сагателян вызывает сомнение неполная диагностика нескольких разновидностей сульфoантимонитов и объяснение их парагенетических соотношений. Учитывая, что эти вопросы, только в несколько сокращенном виде, были освещены в отдельной статье [7], понятно, что замечания по данным главам книги Э. А. Сагателян относятся и к ее статье.

Необходимо признаться, однако, что диагностика сульфосолей представляет одну из труднейших задач в современной минералогии, поэтому не столь виновны те, кто предъявляет к рецензируемой книге такие требования, сколько ее автор, который, располагая *весьма* скудными данными, пытается привести «исчерпывающее» определение и тем самым закрывает двери для их дальнейшего изучения. Например, в работе, за исключением одного (единственного) химического анализа, приведенного в подтверждение диагностики буланжерита, нет иных данных¹.

Основным диагностическим материалом послужили данные рентгеноструктурного анализа, произведенного самим автором, и некоторые данные спектрального анализа. Соглашаясь с автором относительно чрезвычайной мелкозернистости азатекской руды (хорошо проявляющейся при скрещенных николях) и учитывая, что сульфoантимониты свинца «микроскопически очень похожи друг на друга (1, стр. 65), практически очень трудно отделить их разновидности и набрать из них чистые пробы для спектрального или рентгеноструктурного анализов. Уместно заметить, что под микроскопом во всех случаях наблюдается ассоциация не более двух разновидностей сульфосолей. Что же касается спектральных анализов, то их роль в диагностике сульфoантимонитов не видна. В свете вышеизложенного мы приходим к выводу, что диагностика сульфосолей была недостаточно полноценна.

К более мелким замечаниям относительно этой главы можно отнести неубедительность более раннего выделения сфалерита по отношению к пириту (стр. 78), образование церуссита только за счет галенита (тогда

¹ По одному химанализу характеризуются еще антимонит и бурнонит.

как основная часть церуссита здесь образовалась за счет сульфоантимонитов свинца) и др.

В главе «О парагенезисе рудных минералов» автор выделяет три парагенетические ассоциации минералов (галенит-сфалеритовая, сульфоантимонитовая и антимонитовая). Внутри второй ассоциации выделяются минеральные сочетания (кварц-буланжеритовое, кварц-геокронитовое с блеклой рудой, кварц-бурнонит-геокронитовое и др.). На треугольной диаграмме разбираются возможные парагенезисы минералов в системе $PbS-Sb_2S_3-Cu_2S$ (стр. 89), выделяются шесть парагенетических ассоциаций и описываются возможности их существования или отсутствия в природе. Некоторые выводы автора убедительно подтверждают правильность представлений других авторов. Это относится, в частности, к существованию парагенезиса галенита с сульфосолями свинца или отсутствию парагенезисов антимонита или халькозина с сульфосолями.

Согласно диагностике сульфосолей свинца и анализу их парагенетических возможностей вытекает, что в одной стадии (второй) образовались пять минералов (галенит, буланжерит, плагионит, геокронит и семсеит), содержащих свинец, сурьму и серу. Такое количество минералов противоречит правилу фаз Гиббса, согласно которому только в редких случаях могут образоваться минеральные разновидности, по количеству равные числу компонентов. Поэтому при анализе парагенетических соотношений минералов автор вынужден выделить так называемые «равновесные ассоциации» — плагионита с геокронитом, буланжерита с семсеитом, геокронита с буланжеритом и отметить, что «нигде не установлены срастания минералов этой группы в количестве более трех [7], однако на стр. 70 книги читаем о тесных срастаниях «буланжерита с плагионитом, геокронитом и галенитом». Получается, что из трехкомпонентной системы ($Pb-Sb-S$) могут образоваться четыре минерала, что совершенно неубедительно. Э. А. Сагателян это пытается объяснить изменением концентрации компонентов или «гидротермальной дифференциацией». В подтверждение своего вывода автор ссылается на работу Д. С. Коржинского [4], якобы согласно которой минеральный состав жильного выполнения может меняться от трещины к трещине в зависимости от изменения температуры, концентрации и состава боковых пород. В действительности у Д. С. Коржинского читаем: «Представление о локальном равновесии в сущности нелогично и с формальной точки зрения даже абсурдно» [5].

Не ставя себя целью отрицать эту возможность для тех эпигенетических минералов, в состав которых входят компоненты из боковых пород, хочется отметить, что состав боковых пород вряд ли может привести к образованию различных сульфоантимонитов в пределах одной стадии минерализации, ибо ни один из указанных компонентов сульфосолей не был заимствован из боковых пород. Что касается изменений температуры и концентрации, то они определенно не могут привести к образованию различных сульфосолей. По этому поводу Д. С. Коржинский писал: «...в пределах элементарного участка могут быть градиенты интенсивных параметров, но только в пределах, не вызывающих фазовые превращения»

[5, стр. 9]. К этому можно прибавить еще, что перегруппировка между компонентами происходила не в каждой трещинке, а по всей стадии минерализации, и не на том месте, где мы находим продукты этой системы, а на более глубоких горизонтах, видимо, в пределах материнского очага.

Представление Э. А. Сагателян противоречит также пульсационной теории С. С. Смирнова [9], согласно которой в результате охлаждения интрузии «возникают разнообразные минеральные формации, *не переходящие одна в другую* ни в вертикальном, ни в горизонтальном направлениях» (стр. 1078, подч. нами — Г. Г.). Поэтому только незначительное изменение условий рудоотложения в трещине или около нее не может привести к совместному образованию более трех сульфоантимонитов свинца*.

Вызывает серьезное возражение формула $(n+1) \cdot (n+2)$ (стр. 86), неправильно заимствованная у Ф. А. Скрейнемакера [8]**, для отражения количества равновесных ассоциаций. В этой формуле по Э. А. Сагателян «n» обозначено число компонентов, а их произведение якобы должно показать количество равновесных ассоциаций. Если исходить из этой ошибочной формулы, нетрудно придти к выводу, что из двухкомпонентной системы можно получить 12 равновесных ассоциаций, а из трехкомпонентной — 20 и т. п.

В работе Э. А. Сагателян недостаточно обоснована теоретическая возможность парагенезиса галенита с антимонитом. Небезынтересно привести одну из двух аргументаций автора по этому поводу — «если отложение антимонита происходило из очень низкотемпературных растворов *значительно позже* (подч. нами — Г. Г.) галенита» (стр. 91). Здесь нет надобности в особых комментариях, а следует только заметить, что это не парагенезис, а сонахождение в результате наложения.

Очевидный факт взаимного исключения антимонита и галенита в рудах Азатека как будто и не отрицается со стороны Э. А. Сагателян, когда она пишет: «Так нигде на месторождении не установлено сонахождение антимонита с галенитом и с сульфоантимонитами» [7, стр. 28], но прямо со следующей фразы ей почему-то понадобилось «отрицать» эту зависимость «примерами», приведенными не из Азатека, а из месторождения Массиак и Фрейсин, где якобы галенит ассоциирует с антимонитом. Подобное противопоставление лишено всякого научного основания, во-первых, потому, что приведенные примеры ничего общего не имеют с описанным нами случаем, и во-вторых, если даже допустить, что в указанных месторождениях наблюдается совместное нахождение галенита с антимонитом, это еще не говорит об их парагенетической связи, по примеру хотя бы того же Азатека, где в пределах одной рудной жилы (№ 3) по ее мощности

* Условия образования сульфосолей остаются еще слабо изученными. Возможно, что в сульфоантимонитах свинца PbS и Sb_2S_3 являются членами изоморфного ряда, и по аналогии альбит-анортитовых молекул в плагиоклазе, меняются в самых различных пропорциях.

** У Ф. А. Скрейнемакера эта формула в действительности имеет следующий вид: $1/2 (n+1) \cdot (n+2)$ (стр. 20) и она отражает не количество равновесных ассоциаций, а показывает количество возможных фаз, но не ожидаемых по правилу фаз.

намечаются три полоски (галенитовая, сулфоантимонитовая и антимонитовая), но их принадлежность к трем отдельным парагенетическим ассоциациям не вызывает сомнений и у Э. А. Сагателян. Взаимное исключение этих двух минералов в «обычных» условиях эндогенного рудообразования нами было доказано фактически (2) и теоретически (3) и в порядке исключения была доказана возможность парагенезиса этих минералов в приповерхностных зонах в условиях весьма высокого парциального давления кислорода (3). В данной критической заметке мы не собираемся заново описывать очевидный факт взаимного исключения галенита и антимонита в рудах Азатекского месторождения, будучи уверенными, что отмеченное нами явление не случайное и с подобными фактами исследователи могут сталкиваться довольно часто. Автору следовало учесть, что отсутствие парагенезиса галенита с антимонитом в Азатекке является «не частным случаем», а есть результат закономерных геохимических процессов.

В последних двух главах (IX и X) дается обзор геохимических особенностей элементов, входящих в состав азатекских руд. Особенно удачно описано поведение серы и сурьмы. Подчеркнуто понижение с глубиной содержания свинца, цинка и сурьмы, но повышение — серебра и золота. В конце работы автор высказывает мнение об изменении состава растворов от щелочного к кислому в ходе процесса рудоотложения.

Заключительная глава книги обобщает представление ее автора о генезисе и о перспективах месторождения свинцово-сурьмяных руд, являющихся завершающим этапом на общем фоне развития полиметаллического оруденения Айоцдзора. Досадно только, что температурный интервал формирования месторождения, основанный на экспериментальных данных С. К. Робинсона [6], определен несколько повышено (300—400°C, стр. 108). Вообще следует указать, что условия проведения указанных экспериментов не могут отображать истинное положение рудообразования в Азатекке, тем более, что в заключительной главе (стр. 115) автор пишет о средне-низкотемпературных (ниже 300°) условиях формирования месторождения.

Переходя к характеристике рудолокализирующих факторов Азатекского месторождения, автор подчеркивает особую роль структурного фактора, но почему-то не упоминает о магматическом факторе. Учитывая пространственное положение свинцово-сурьмяного оруденения к Каялинской интрузии или к одноименной антиклинальной складки, приходится положительно оценивать перспективы мощной зоны измененных пород в экзоконтакте данного интрузивного массива.

Перспективы месторождения автор связывает с флангами (СВ и ЮЗ), оценив отрицательно его глубину. С такой оценкой в основном можно согласиться по отношению оруденения сурьмы, но автору следовало произвести более углубленный анализ существующего геологического материала.

Из общих недостатков работы Э. А. Сагателян можно считать случай неправильной или неуместной цитировки из работ других авторов. Так, например, на стр. 87 автор приписывает С. К. Робинсону [6] идею,

согласно которой сульфoантимониты представляют «комплексные химические соединения». В действительности у С. К. Робинсона [6] такого определения мы не находим. Аналогичные казусы имеют место и в отношении других авторов (Д. С. Коржинского и др.).

Замечания общего характера относятся к несколько необычному изложению и расположению фактического материала. Например, а) морфологические особенности рудных жил обобщены раньше (гл. III), чем описание рудных тел (гл. V). Описаны всего три жилы (№№ 4, 6 и 7) из 9 разведанных и более 40 известных; б) описание типов руд, приведенное в главе IV, по нашему мнению, преждевременно, ибо, не описав вещественный состав руды, невозможно выделить внутри типов подтипы (сентовый, плагионитовый и геокронитовый), тем более, что определение составных минералов представляет большую трудность даже под микроскопом; в) преждевременно также обобщение структурных особенностей руд (гл. VI) до описания самих минералов (гл. VII).

В заключение хочется отметить, что несмотря на указанный ряд серьезных недостатков книга Э. А. Сагателян является полезной монографией, освещающей важные стороны свинцово-сурьмяного минералообразования. По нашему мнению автор могла представить более полноценную работу, чем имеем мы в действительности. Очевидно особое стремление Э. А. Сагателян искать новые пути и способы решения стоящих перед ней задач. Можно выразить уверенность, что наши замечания будут восприняты автором объективно и сослужат ей верную службу на тернистом пути исследователя.

Ереванский государственный университет.

Поступила 27.X.1962.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Волынский И. В. Определение рудных минералов под микроскопом. Т. III, 1949.
2. Григорян Г. О. Пример взаимоисключения галенита и антимонита в пределах одного этапа минерализации. Изв. АН АрмССР, т. VIII, № 3, 1955.
3. Григорян Г. О. О некоторых закономерностях и условиях образования свинцово-сурьмяных руд. «Геохимия», № 1, 1960.
4. Коржинский Д. С. Факторы минеральных равновесий и минералогические фации глубинности. Тр. ИГН АН СССР, вып. 12, 1940.
5. Коржинский Д. С. Теория процессов минералообразования. Изд. АН СССР, М., 1962.
6. Робинсон С. К. Синтез сульфoантимонитов свинца. В кн. «Вопросы физико-химии в минералогии и петрографии. Изд. ИЛ, М., 1950.
7. Сагателян Э. А. Минералы Азатекского свинцово-сурьмяного месторождения и их парагенетические ассоциации. Изв. АН АрмССР, сер. геол. и геогр. наук, т. 10, № 2, 1957.
8. Скрейнемакерс Ф. А. Нонвариантные, моновариантные и дивариантные равновесия. Изд. ИЛ, М., 1948.
9. Смирнов С. С. К вопросу о зональности рудных месторождений. Изв. АН СССР, сер. геол., № 6, 1937.

Բ Ո Վ Ա Ն Դ Ա Կ Ո Թ Յ Ո Ւ Ն

Էջ

ՄԻՆԵՐԱԼՈԳԻԱ

- Ս. Ի. Բալասանյան. Աբջևտոր միներալների և միկրոէլեմենտների բաշխման օրինա-
չափությունները Սոմխեթա-Ղափանի գոտու գրանիտոիդներում 3

Օգտակար հանածոներ

- Պ. Պ. Ծամբրյան, Վ. Ե. Վարբանետով. Զինգարայի հանքավայրերի հետախույզության
հզանակի մասին 17

Ինժեներային երկրաբանություն

- Հ. Գ. Խաչիկյան. Լեռնային ապարների ղեֆորմատիվ բնութագրերի որոշումը ըստ
բնական փորձարկումների տվյալների 31

Պրունցների մեխանիկա

- Գ. Բ. Սարգսյան. Լեռնականի զաշտավայրի ստորին շորրորդական կավային ասլար-
ների ստրուկտուրա-մեխանիկական հատկությունների մասին 43

Ֆիզիկական աշխարհագրություն

- Հ. Կ. Գաբրիելյան. Հայկական ՍՍՏ՝ ուլյեֆի թերությունների մասին 59

Քննազատություն և բիրիոգրաֆիա

- Հ. Ս. Գրիգորյան. Է. Ա. Սաղաթելյանի „Минералогия свинцово-сурьмяных руд
Азатекского месторождения Армянской ССР“ — գրքի մասին 63

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Минералогия

- С. И. Баласанян.* Закономерности распределения акцессорных минералов и микроэлементов в гранитоидах Сомхето-Кафанской зоны 3

Полезные ископаемые

- П. П. Цамерян, В. Е. Вартанесов.* О методике разведки Джиндаринского месторождения 17

Инженерная геология

- Г. Г. Хачикян.* Определение деформативных характеристик горных пород по данным натурных испытаний 31

Механика грунтов

- Д. Б. Саркисян.* О структурно-механических свойствах нижнечетвертичных глинистых пород Лениканской котловины 43

Физическая география

- Г. К. Габриелян.* Об уклонах рельефа Армянской ССР 59

Критика и библиография

- Г. О. Григорян.* О книге Э. А. Сагателян „Минералогия свинцово-сурьмяных руд Азатекского месторождения Армянской ССР“ 63



Сдано в производство 24/XII 1962 г. Подписано к печати 11/II 1963 г. ВФ 07034.
Заказ 547, изд. 2223, тираж 700, объем 4¹/₂ п. л.

Типография издательства АН Армянской ССР, Ереван, Барекамутян 24