

Г. И. Тер-Степанян

Комфильметр — прибор для компрессионных и фильтрационных испытаний грунтов

Описание комфильметра

Работая в течение ряда лет над усовершенствованием компрессионно-фильтрационного прибора, автор пришел к конструкции, названной им комфильметром. Этот прибор принят в лаборатории механики грунтов Института геологических наук АН Армянской ССР и применяется также в ряде других лабораторий Ленинграда, Москвы, Еревана и Тбилиси.

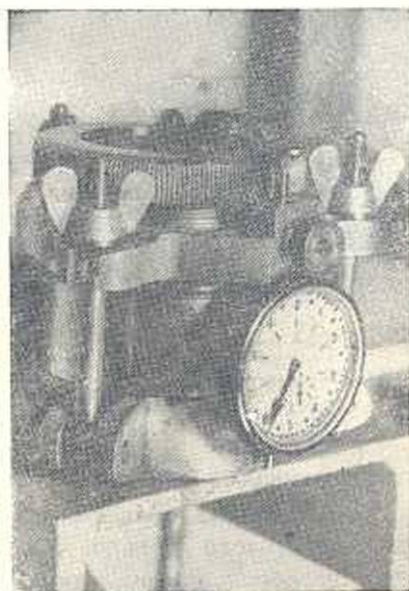
Фигуры 1—3 дают представление о комфильметре: фотография (фиг. 1), схема его (фиг. 2) и общий вид компрессионно-фильтрационной установки (фиг. 3).

Основные технические данные прибора следующие: диаметр образца грунта 70 мм, высота его 10—15 мм, измерение деформации производится с точностью до 0,01 мм по прямым отсчетам, наибольшее вертикальное давление составляет 10 кг/см², измерение фильтрации производится при переменном напоре, движение воды может осуществляться в обоих направлениях. Эти данные соответствуют принятым рекомендациям [1].

Комфильметр состоит из следующих частей (фиг. 2):

Днище 1 — массивный бронзовый диск с выточкой сверху, глубиной 1 мм, для помещения в ней нижнего фильтра. Днище имеет три лапки, в которых на осях посажены откидные болты. Последние имеют шайбы и барашки.

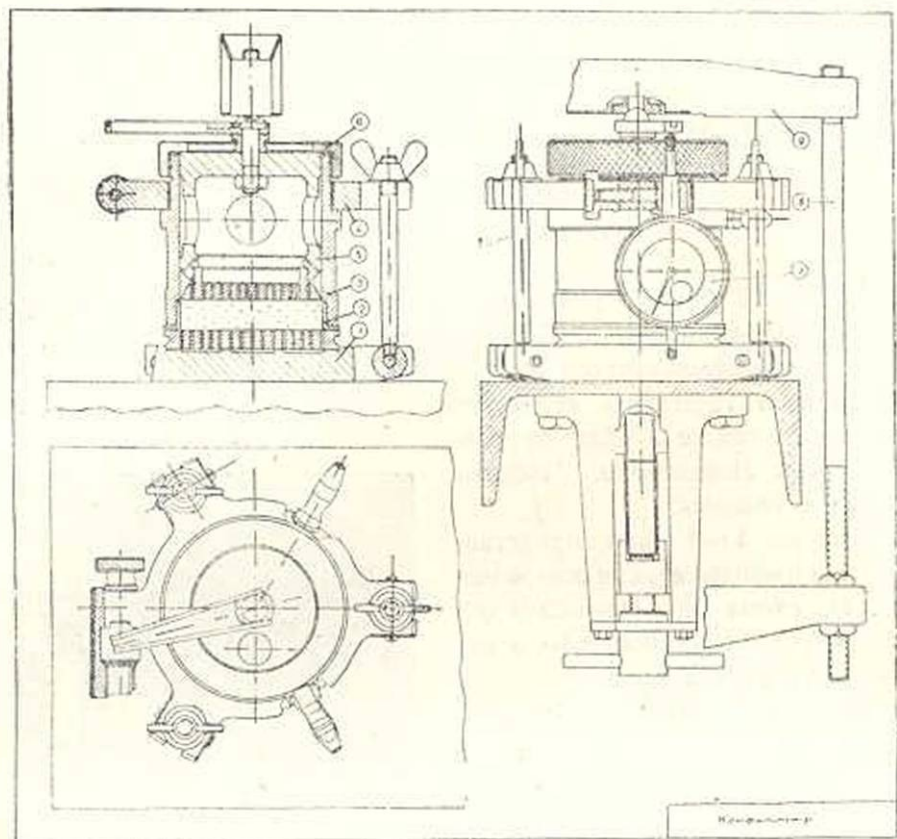
В днище устроено два отверстия, снабженных патрубками; один из них служит для выпуска воды из днища, а второй присоединяется к пьезо-



Фиг. 1.

зометру. К патрубку выпускного отверстия присоединяется резиновая трубка с зажимом Гофмана. Присоединение пьезометра также осуществляется с помощью резиновой трубки.

Грунтовое кольцо 2 внутренним диаметром 70 мм и высотой от 10 до 15 мм, имеет уголкового профиля и снабжено режущим краем.



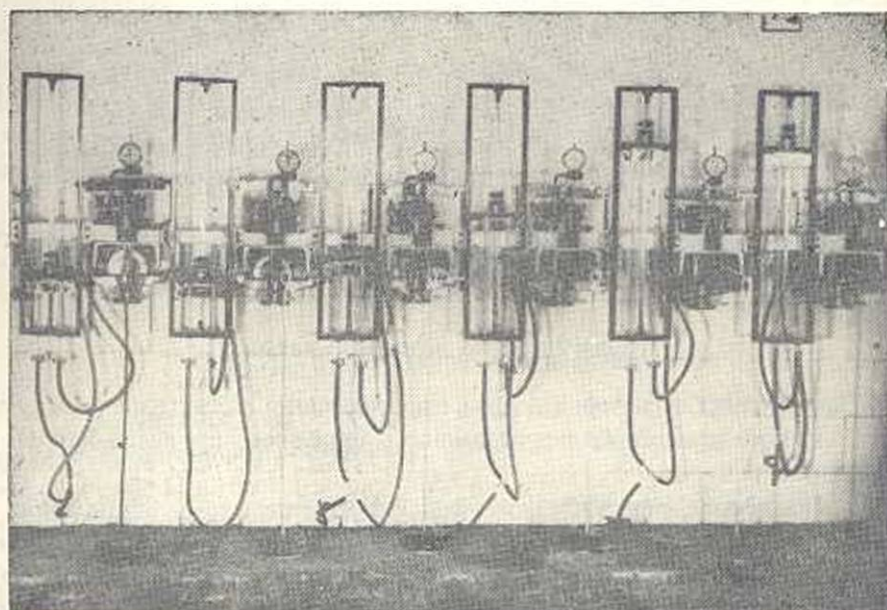
Фиг. 2.

При вырезывании образца грунта кольцо 2 зажимается в оправку специального пресса, обеспечивающего строгое поступательное перемещение грунтового кольца. Кольцо 2, заправленное грунтом, прикрывается с обеих сторон листками фильтровальной бумаги и помещается на нижний фильтр комфильтметра.

Цилиндр 3 внутренним диаметром 70 мм и высотой 80 мм. В нижней части цилиндра сделана внутренняя выточка для помещения грунтового кольца.

В стенке цилиндра имеется патрубок, имеющий тройное назначение: он служит указателем нижнего бьефа (схема испытаний № 7, см. ниже), присоединяется к регулятору напора (схемы №№ 8 и 10) или к одной из трубок микроманометра (схема № 9).

Опорное кольцо 4 — массивное кольцо, снабженное тремя лапками с прорезями. В прорези проходят откидные болты днища комфилметра. С помощью этих болтов цилиндр притягивается к днищу и, таким образом, жестко связывает все перечисленные выше детали. На опорном кольце имеется прилив, в котором устроен захват. Последний служит для закрепления индикатора (фиг. 1) или струбцины с индикатором (фиг. 3, см. ниже).



Фиг. 3.

Поршень 5 диаметром 70 мм, свободно перемещающийся в цилиндре (широко-ходовая посадка). Направляющей для поршня служит цилиндр.

Внизу к поршню привинчивается дырчатый диск, служащий верхним фильтром для образца грунта. Сверху в центре поршня устроена стальная опорная пластинка с шаровой выточкой, на которую ставится стальной шарик. Под пластинкой крепится хобот — стержень, нажимающий на ножку индикатора.

Зажимное кольцо 6 — гайка с накаткой, навинчивающаяся на внешнюю боковую поверхность цилиндра; она упирается в верхнюю поверхность поршня и служит для арретирования образца грунта. Кольцо 6 препятствует набуханию грунта при насыщении образца водой и позволяет ему свободно уплотняться. Благодаря зажимному кольцу имеется возможность вести испытание связных грунтов на фильтрацию без приложения внешней нагрузки.

Индикатор 7 часового типа, закрепляемый в захвате, устроенном в опорном кольце. Конструкция захвата обеспечивает жесткое

соединение индикатора с прибором. Ножка индикатора опирается на хобот, находящийся над поршнем комфилметра (фиг. 1); при другом способе крепления индикатор захватывается коленчатой струбчинкой и помещается над поршнем комфилметра (фиг. 3).

Пьезометр — микроманометр с зеркальным отсчетным устройством (фиг. 3), с точностью отсчетов 0,1 мм.

Рычажное устройство расположено под столиком комфилметра (фиг. 3). Усилие от рычага передается через тяги 8 коромыслу 9, опирающемуся на шарик комфилметра. Соотношение плеч рычага принято равным 1:9,615; при этом соотношении плеч груз в 1 кг, помещенный на платформе рычага, оказывает на образец грунта давление 0,25 кг/см². В неподвижной опорной части рычага устроен регулятор, служащий для приведения рычага прибора в горизонтальное положение. Комфилметр может работать и с рычажными устройствами, расположенными сверху.

Противовес, присоединенный к коромыслу рычажного устройства с помощью троса, перекинутого через блок.

Преимущества комфилметра

Преимущества комфилметра по сравнению с другими конструкциями компрессионно-фильтрационных приборов представляются в следующем:

1. Полное устранение застенной фильтрации, т. е. фильтрации в обход образца грунта через просвет между кольцом и внутренней поверхностью цилиндра. Эта фильтрация делается невозможной вследствие обнажения обоих стыков выступа уголкового грунтового кольца с днищем и цилиндром; поэтому при неплотном соединении уголкового кольца происходит высачивание воды в стыке кольца, что сразу указывает на дефектность сборки.

2. Возможность быстрой разгрузки прибора и моментального извлечения образца грунта из прибора; это осуществляется следующим образом. Комфилметр, еще находящийся под нагрузкой, арретируется, затем разгружается и извлекается из-под рычага. Убирается индикатор; вода из полости под нижним фильтром выпускается через выпускное отверстие; из внутренней полости поршня вода сливается через отверстие в верхней поверхности поршня. В течение всего этого процесса образец грунта зажат, и поэтому его набухание невозможно. После этих предварительных действий производится извлечение образца из прибора. Отвинчивают откидные болты, берут комфилметр за верхнюю часть, снимают его с днища и немедленно переворачивают, а затем извлекают грунтовое кольцо с образцом грунта. Этот последний этап работы отнимает всего несколько секунд. Обе обнаженные поверхности грунта свободны от воды; остатки ее могут быть удалены с помощью фильтровальной бумаги.

3. Полное удаление воздуха из области, расположенной под грунтом, что особенно важно при испытании на фильтрацию при движении воды снизу вверх.

4. Легкость извлечения нижнего фильтра из днища комфилметра и чистки прибора.

5. Применение всего одного индикатора для измерения деформации, что имеет несомненные преимущества по сравнению с приборами, обладающими двумя индикаторами; последние неудобны не только вследствие необходимости вычислять среднее из двух отсчетов, но и невозможности одновременного отсчета, что имеет особенно большое значение для работы в течение первой минуты после приложения очередной ступени нагрузки, когда деформации нарастают быстро.

6. Легкость сборки и разборки; отсутствие деталей, требующих применения гаечных ключей или отверток.

7. Простота и легкость конструкции, облегчающие изготовление прибора; почти все детали могут быть сделаны на токарном станке.

8. Универсальность прибора, позволяющая проводить различные виды испытания грунтов (см. ниже).

Схемы испытаний на комфилметре

В настоящей статье не описываются методы различных видов компрессионно-фильтрационных испытаний, поскольку они имеются в литературе. Поэтому мы ограничимся кратким указанием схем испытаний, которые могут быть осуществлены на комфилметре.

1. *Набухание* образца грунта с естественной структурой при свободном доступе воды. Зажимное кольцо убирается или вывинчивается настолько, чтобы дать возможность беспрепятственному набуханию образца. Вода поступает обычно снизу. Наблюдения за набуханием ведутся по индикатору. Устанавливается величина полного набухания после стабилизации процесса, в процентах от первоначального объема.

2. *Капиллярное или бытовое давление* при свободном доступе воды. Зажимное кольцо завинчивается до полного соприкосновения с поршнем, что устанавливается по началу смещения стрелки индикатора. Вода подается в одном направлении, обычно снизу вверх. Окончание проникания воды устанавливается по выходу ее с другой стороны образца. По окончании насыщения начинается компрессионный опыт. Давление, при котором образец начинает сжиматься, отвечает капиллярному давлению. Вместо рекомендуемого иногда постепенного увеличения давления для определения давления, при котором индикатор начинает показывать смещение, можно вести обычный компрессионный опыт с принятыми значениями ступеней нагрузки и отмечать точку перелома компрессионной кривой; для этого удобен полугарифмический график. Из опыта устанавливается величина капиллярного давления в кг/см^2 .

3. *Компрессионное испытание* после предварительного насыщения водой, производимого для снятия капиллярного давления. Иногда рекомендуют испытывать грунты со свободным доступом воды только в тех случаях, когда образец грунта взят с глубины ниже уровня грунтовых вод. Наблюдения за деформацией ведутся по индикатору. Испытания могут вестись как по главной ветви компрессионной кривой, так и по обратной и повторной (петли гистерезиса). Устанавливаются параметры компрессионной кривой уплотнения и набухания, коэффициенты уплотнения и стабилизации, эквивалент капиллярного давления и модуль осадки.

4. *Просадочность* грунта под давлением при насыщении водой. Подача воды совершается при заранее заданном давлении, после стабилизации под нагрузкой. Наблюдения за просадкой, вызванной насыщением водой, ведутся по индикатору. Устанавливаются коэффициенты макропористости и относительной просадочности.

5. *Оптимальная влажность* грунта с нарушенной структурой при данном давлении. Зажимное кольцо и индикатор убираются. Образец нарушенного грунта с заданной влажностью помещается в комфилметр слоями, легко утрамбовывается, пригружается весом поршня и ставится под пресс, который осуществляет требуемое давление на грунт. По истечении установленного времени выдержки под нагрузкой комфилметр извлекается из прессы и замеряется высота образца по положению поршня, с помощью штангенглубомера. По этим данным вычисляется объемный вес грунта. Устанавливаются: (1) кривая сухого веса в зависимости от влажности и (2) оптимальная влажность, соответствующая данному давлению и обеспечивающая наиболее плотное сложение грунта.

6. *Набухание грунта при оптимальной влажности* для образца с нарушенной структурой. Зажимное кольцо убирается, на поршне закрепляется хобот и устанавливается индикатор. По окончании уплотнения грунта под прессом, как это было описано выше (схема № 5), в комфилметр подается вода и определяется величина набухания грунта после стабилизации процесса в процентах от объема, который имел грунт по подаче воды.

7. *Фильтрация связанных грунтов при переменном напоре и движении воды в образце снизу вверх; положении нижнего бьефа неизменно* (обычная схема испытаний). Испытание может вестись как в процессе компрессионного опыта, после стабилизации под заданной нагрузкой, так и независимо, т. е. с образцом грунта, не находящимся под давлением. В последнем случае поршень устанавливается на образец грунта и затем арретируется с помощью зажимного кольца во избежание набухания грунта. Пьезометр присоединяется к патрубку в днище комфилметра; уровень воды в пьезометре располагается выше образца грунта. Нижний бьеф определяется положением патрубка, находящегося на цилиндре комфилметра. Вода проникает через образец снизу вверх, за счет понижения ее уровня в пьезометре. Ус-

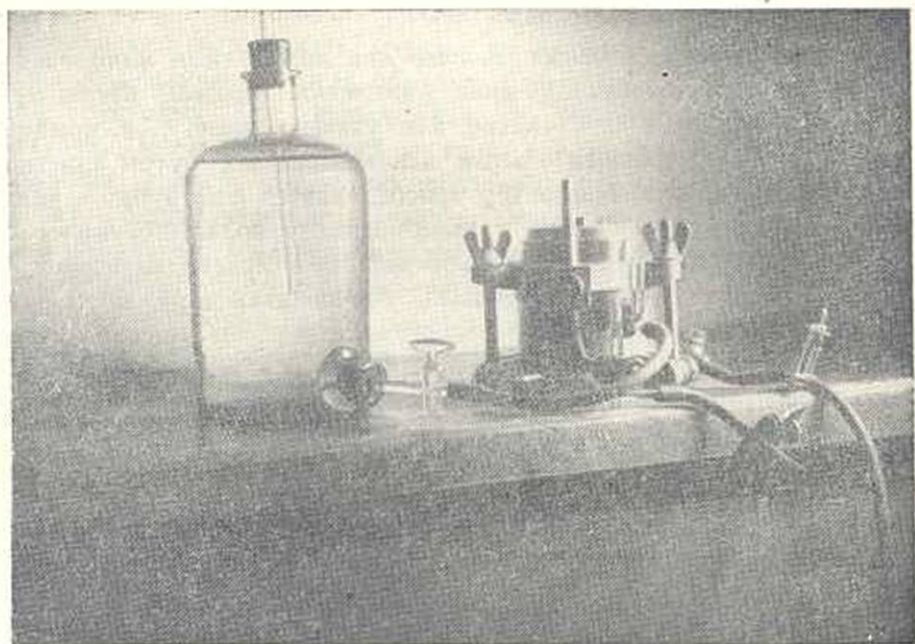
танавливается коэффициент фильтрации грунта при движении воды вверх.

8. *Фильтрация связных грунтов при переменном напоре и движении воды в образце сверху вниз; положение верхнего бьефа неизменно.* Испытание ведется так же, как указано выше, т. е. комбинированно с компрессионным опытом или независимо, путем арретирования образца грунта. Пьезометр присоединяется к патрубку в днище комфилметра, уровень воды в пьезометре располагается ниже образца грунта. Патрубок цилиндра комфилметра присоединяется к регулятору напора (сосуду Мариотта), обеспечивающему постоянный уровень воды в верхней полости комфилметра; этот уровень отвечает верхнему бьефу. Вода проникает через образец сверху вниз; в процессе опыта уровень воды в пьезометре повышается. Устанавливается коэффициент фильтрации грунта при движении воды вниз.

9. *Фильтрация связных грунтов при переменном напоре и движении воды в любом направлении (т. е. вверх или вниз); изменяется положение обоих бьефов* (фиг. 3). Испытание ведется также, как указано выше (схемы №№ 7 и 8). Патрубок днища комфилметра присоединяется к одной трубке микроманометра, а патрубок цилиндра — к другой. В зависимости от соотношения уровней воды в трубках микроманометра движение воды в образце происходит снизу вверх или сверху вниз [3].

Испытание может быть проведено при переменном напоре, в точном соответствии с требованиями, предъявляемыми к фильтрации газонасыщенной воды без газовыделения [2]. Для этого вода должна двигаться сверху вниз, причем уровень ее в обеих трубках микроманометра должен быть выше образца грунта, а разность этих уровней меньше толщины слоя грунта.

10. *Фильтрация несвязных грунтов при постоянном напоре; движение воды сверху вниз* (по принципиальной схеме Герсеванова). Образец грунта с заданной плотностью укладки помещается в комфилметр и пригружается весом поршня. Зажимное кольцо и индикатор убираются. Патрубок цилиндра комфилметра присоединяется к регулятору напора с помощью тройника, третий конец которого соединен с одной из трубок микроманометра; по этой трубе отсчитывается положение верхнего бьефа. Патрубок днища комфилметра соединяется с другой трубкой микроманометра с помощью второго тройника, третий конец которого снабжен выпускной резиновой трубкой с зажимом Гофмана. При отсутствии микроманометра тройники закрепляются на патрубке цилиндра и на коленчатой струбчинке (фиг. 4). Для регулирования величины напора служит зажим Гофмана, присоединяемый к выходному отверстию тройника нижнего бьефа. Изменением закрытия этого отверстия достигается перераспределение общей потери напора между ее двумя компонентами: фильтрацией через образец грунта и прохождением через частично зажатое выходное отверстие трубки.



Фиг. 4.

Последняя схема испытаний на фильтрацию излагается впервые. Описанная конструкция комфилметра изготовлена в экспериментальной мастерской сектора механики грунтов и инженерной геологии Института геологических наук АН Армянской ССР.

Автор пользуется возможностью выразить благодарность канд. техн. наук Т. Т. Аракеляну и точному механику А. Г. Экимяну за помощь в разработке конструкции и изготовления комфилметра.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступило 1 VIII 1953

Գ. Ի. Տեր-Ստեփանյան

ԳՐՈՒՆՏՆԵՐԻ ԿՈՄՊՐԵՍԻՈՆ ԵՎ ՖԻԼՏՐԱՑԻՈՆ ՓՈՐՁԱՐԿՈՒՄՆԵՐԻ ՀԱՐՄԱՐԱՆՔ—ԿՈՄՖԻԼՄԵՏՐ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Աշխատելով կոմպրեսիոն-փիլտրացիոն հարմարանքի կառուցելագործման վրա, հեղինակը մշակել է կամֆիլմետր կոչվող կոնստրուկցիա: Վերջինս կիրառում է դաել Հռչկական ՍՍՌ Գիտությունների ակադեմիայի Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի գրունտների մեխանիկայի լաբորատորիայում, ինչպես նաև մի շարք լաբորատորիաներում, այլ սեպարելիաներում:

Հողվածում տրվում են հարմարանքի տեխնիկական բնութագրերը, նրա մանրամասն նկարագրերը և գործածման եղանակները:

Այլ կոնստրուկցիայի կոմպրեսիոն-ֆիլտրացիոն հարմարանքները համեմատությամբ կոմֆիլմետրն ունի հետևյալ առավելությունները.

1. Գրունտային օգակի և դլանի կոնստակտային մակերևույթով ֆիլտրացիայի լրիվ վերացումը:

2. Հարմարանքի արագ բեռնաթափվելու հնարավորությունը, որը մեծ նշանակություն ունի փորձարկումների ճիշտ արդյունքներ ստանալու համար:

3. Գրունտի նմուշից ներքև գտնվող տարածությունից օդի լրիվ հեռացումը:

4. Գրունտի փորձարկման ղեկավարման մի ինդիկատորի օգտագործումը:

5. Կոմֆիլմետրի հեշտությամբ քանդակելը, մաքրելը և հավաքելը:

6. Կոմֆիլմետրի ունիվերսալությունը — գրունտների նկատմամբ միշտ սխեմաներով փորձարկումներ կատարելու հնարավորությունը:

ЛИТЕРАТУРА

1. Всегингео. Материалы по лабораторному исследованию грунтов. Госгеолиздат, 1952.
2. Герсеевков Н. М. Собр. соч., т. II, М., 1948, стр. 327—355.
3. Тер-Степанян Г. И. К вопросу о фильтрационных испытаниях глинистых грунтов, ДАН Армянской ССР, 1955, 20 (5), 185—192.

ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ

Л. В. Шахсуварян

Исследование усталости растворного шва
каменной кладки

Вопросы выносливости строительных материалов и конструкций из них исследованы очень мало. Выносливость каменной кладки вовсе не исследована [1]. Между тем вопрос этот имеет немаловажное значение для каменных стен, подвергающихся динамическим воздействиям нагрузок горизонтального действия. Трудности, связанные с постановкой опытов на выносливость каменной кладки, сильно ограничивают сферу исследования в этом направлении. Испытание на выносливость маленьких образцов кладки с одним растворным швом, который является основным звеном кладки, в некоторой степени может устранить этот пробел. Конечно, полученные из испытания данные не могут полностью отражать работу самой кладки при переменной нагрузке, но во всяком случае они дадут, хотя бы в первом приближении, ориентировочные значения коэффициента усталости растворного шва кладки.

Настоящая работа посвящена исследованию выносливости или, как принято говорить, — усталости растворного шва каменной кладки. Образцы, изготовленные из черного ереванского туфа с одним растворным швом, имели цилиндрическую форму (фиг. 1). Раствор брался смешанный, марки „15“, литой и пластичной консистенций.

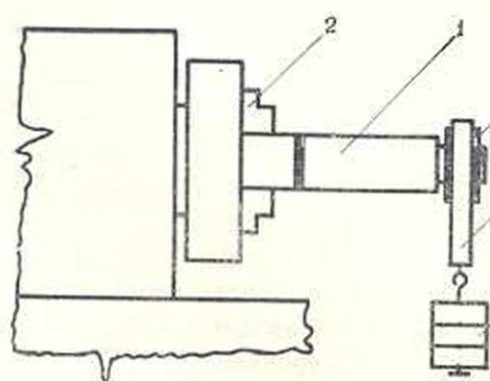
Испытание на усталость туфовых цилиндрических образцов производилось по схеме, подобной схеме испытаний металлических консольных образцов, где образец, вращаясь, одновременно под тяжестью подвешенной нагрузки работает и на поперечный изгиб (фиг. 2). Большие габариты испытуемых туфовых образцов не дали возможности испытать их на усталостной машине. Для этой цели при наших испытаниях был использован токарный станок „ДИП-200“. Образец 1 защемлялся в патроне станка 2 и приводился во вращение. Вертикальная нагрузка, в виде подвешенных гирь 3, передавалась образцу посредством резинового хомута 4. Накинутый на подшипник 5 хомут одновременно служил глушителем ударов в случае появления последних от возможного небольшого эксцентриситета образца.

Испытания образцов велись под симметричными циклами нагружения, т. е. каждое волокно консольного образца во время опыта, благодаря изгибу и вращению, попеременно растягивалось и сжималось.

лось на одинаковую величину. В каменных конструкциях зданий, большей частью при вибрациях и колебаниях, могут иметь место несимметричные циклы, по причине вертикальных эксцентрично дей-



Фиг. 1.



Фиг. 2.

ствующих статических нагрузок. Однако, имея в виду, что симметричные циклы нагружения более опасны при работе данной конструкции, было решено испытания вести при такой форме нагружения.

Перед испытанием на усталость небольшая группа цилиндрических туфовых образцов подверглась испытанию на

статический изгиб с целью определения предела прочности изгиба при статическом действии сил (таб. 1).

Испытание на усталость удалось произвести в основном над туфовыми образцами на растворе литой консистенции, так как образцы с пластичной консистенцией раствора, из-за имевших место больших неоднородностей, разрушились при первых же циклах и не могли дать каких-либо удовлетворительных результатов. По результатам испытания образцов с литой консистенцией раствора построен график „напряжение — циклы нагружения“, приведенный на фиг. 3.

Таблица 1

№№ об- разцов	Диаметр образца в см	Момент сопротивл. в см ³	Вертик. нагрузка в кг	Суммарн. из- гиб. момент в кг×см	Напряж. в шве в кг/см ²	Средн. времен. сопротивл. в кг/см ²	Количество циклов	Место отрыва
Испытание на статический изгиб (раствор литой консистенции)								
1	11,2	138	14,5	533	3,8	—	—	по раствору
2	11,2	138	12,0	429	3,1	3,7	—	•
3	11,8	161	27,5	630	3,9	—	—	•
4	11,2	138	25,5	583	4,2	—	—	•
Испытание на усталость (раствор литой консистенции)								
5	11,2	138	16,0	480	3,5	—	2300	по раствору
6	11,2	138	15,5	388	2,8	—	150	•
7	11,2	138	15,5	388	2,8	—	3600	•
8	11,4	146	15,0	380	2,6	—	8900	•
9	11,2	138	13,5	345	2,5	—	300	•
10	11,4	146	13,5	350	2,4	—	9600	•
11	11,2	138	12,0	305	2,2	—	17000	•
12	11,6	153	12,5	320	2,1	—	8900	по контакту
13	11,7	157	11,0	285	1,8	—	12600	по раствору
14	11,4	146	9,0	243	1,6	—	15900	•
15	11,4	146	7,5	205	1,4	—	14200	•
16	11,2	138	6,5	182	1,3	—	4800	•
17	11,5	150	6,0	166	1,1	—	49000	не разрушился
18	11,9	165	6,5	183	1,1	—	72000	•
19	11,6	153	4,0	131	0,8	—	106200	•
20	11,2	138	2,0	73	0,5	—	120000	•
Испытание на статический изгиб*								
17	11,5	150	22,5	510	3,4	—	—	по раствору
18	11,9	165	24,0	564	3,4	3,6	—	•
19	11,6	153	23,5	557	3,6	—	—	•
20	11,2	138	25,0	572	4,1	—	—	•

* После усталостного испытания неразрушившиеся образцы №№ 17, 18, 19 и 20 были испытаны на статический изгиб.

Анализируя характер полученного графика, замечаем, что он своим общим контуром близко сходится с так называемой веллеровской кривой усталости, построенной для металлических образцов. Кривая усталости, построенная для образцов кладки с растворным швом, вначале круто падает, а в дальнейшем идет почти горизонтально.



Фиг. 3.

Усталостные явления в растворном шве, с точки зрения его работы в сейсмических и взрывных условиях, интересно именно в диапазоне малого количества циклов, иначе говоря, нас больше интересует левый участок кривой усталости. Как видно, правый горизонтальный участок кривой является границей предела усталости. Взяв отношение напряжения, соответствующего этой границе, к величине временного сопротивления, выявленного при статическом изгибе,

$$\frac{\sigma_{\text{пред. уст.}}}{\sigma_{\text{стат. изгб}}} = \frac{1,1 \text{ кг/см}^2}{3,7 \text{ кг/см}^2} \approx 0,3$$

получаем коэффициент, характеризующий предел выносливости растворного шва при изгибе. При описываемых испытаниях нас большей частью интересовала качественная сторона вопроса, а не количественная. Точно определить этот коэффициент мы не могли ввиду небольшого количества экспериментального материала.

В приведенной кривой заслуживает внимания один момент, имеющий немаловажное значение для исследования усталости растворного шва. Кривая усталости переходит в горизонтальное положение сравнительно быстро — после нескольких тысяч циклов нагружения.

Получается, что при циклическом нагружении шва, если напряжение равняется пределу выносливости или чуть выше его, опасная зона повторной нагрузки ограничивается в пределах 10—20 тысяч циклов нагружения. На аналогичных кривых, построенных для металлических образцов, эта зона там находится в пределах $(2 \div 4) \cdot 10^6$ циклов. Сравнивая коэффициенты пределов выносливости металлических образцов с таковыми для растворного шва, замечаем, что они не очень далеки друг от друга (для стали $0,4 \div 0,6$, для цветных металлов $0,25 \div 0,3$, для раствора 0,3), в то время как количество циклов так называемой безопасной зоны различается в сотни раз [2]. Это значит, что количество циклов для каменных образцов с растворным швом значительно меньше, чем для металлических образцов при одном и том же относительном снижении прочности. Объяснение этому можем искать в следующем. Современная теория, поясняющая явление усталости, в свою основу принимает, что разрушению образца предшествует образование очень тонкой трещины, которая, развиваясь при циклических нагружениях, постепенно уменьшает рабочее сечение. Продолжая работать в таких условиях, сечение делается таким малым, что наступает мгновенный излом. Ясно, что в таком материале, каким является строительный раствор, имеющий в своем теле не только микротрещины, являющиеся следствием усадки раствора, а даже макротрещины, немалое количество маленьких и больших пузырьков и пустот, создающих концентрацию напряжений, распространение трещины усталости при циклическом нагружении будет развиваться сравнительно быстро, чем и объясняется полученный результат.

Излом всегда происходил по телу раствора, что не было неожиданным, так как при применении литого раствора прочность сцепления раствора с камнем больше, чем прочность самого раствора. Микроскопическое наблюдение поверхности излома с целью определения первой и второй зоны — зоны внезапного излома, не дало результата. Такие зоны, характерные для металлических образцов при усталостных испытаниях, здесь не обнаружили. Это естественно, так как при данных образцах микротрещины, встречающиеся по всему объему раствора, медленно развиваясь, ослабляют элементарные площадки, разбросанные в разных местах по всему сечению. В итоге, конечно, снова уменьшается рабочее сечение, но уже при отсутствии ровной притертой поверхности; и так как раствор не дает пластических деформаций при растяжении, то разрушение получается внезапным.

В ы в о д ы

1. Кривая усталостной прочности растворного шва литой консистенции сходна с кривой, построенной для металлов.

2. Предел усталости растворного шва литой консистенции при изгибе достигает примерно 0,3 предела текучести металла.



3. Количество повторных циклов, так называемой безопасной зоны для растворного шва литой консистенции, не превышает $(1,5-2) \cdot 10^4$ цикла.

Институт строительных материалов
и сооружений АН Армянской ССР

Поступило 11 XII 1950

Լ. Վ. Շախսուվարյան

ՔԱՐԱՅԻՆ ՇԱՐՎԱԾՔԻ ՇԱՂԱԽԻ ԿԱՐԱՆԻ ՀՈԳՆԱԾՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱՀՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հոգիածուծ բերված են քարային շարվածքի շաղախի կարանի հոգնածության հետազոտության արդյունքները:

Ձրիկ շաղախով լցված միակ կարան ունեցող շարվածքի նմուշը փորձարկվել է մետաղական նմուշի հոգնածության փորձարկման սխեմայով: Ստացված արդյունքների հիման վրա կառուցված է շաղախի կարանի հոգնածության կորը, ինչպես և տրված է շարվածքի դինամիկ աշխատանքի դեպքում տնվածանգության սահմանը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Корчинский М. Л. Расчет строительных конструкций на вибрационную нагрузку. Стройиздат, 1948
2. Давиденков Н. Н. Динамические испытания металла. ОНТИ, 1936.

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

А. А. Трчуян, Л. И. Антропов

О перенапряжении водорода на вольфраме

Литературные данные указывают на то, что зависимость перенапряжения от плотности тока при электролитическом выделении водорода на вольфраме может быть выражена формулой Тафеля:

$$\eta = a + b \lg i$$

Значения констант a и b , определенные из опытных данных различных авторов, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Условия опыта	Значения констант		Литературный источник
	a	b	
3,5б и H_2SO_4 , 25°C	-0,60	0,14	1
1,0 и HCl , 16°C	-0,54	0,115	2
1,0 и HCl , 16°C	-0,63	0,12	3
2,0 и H_2SO_4 , 25°C	-0,56	0,10	3
5,0 и HCl , 25°C	-0,55	0,11	4

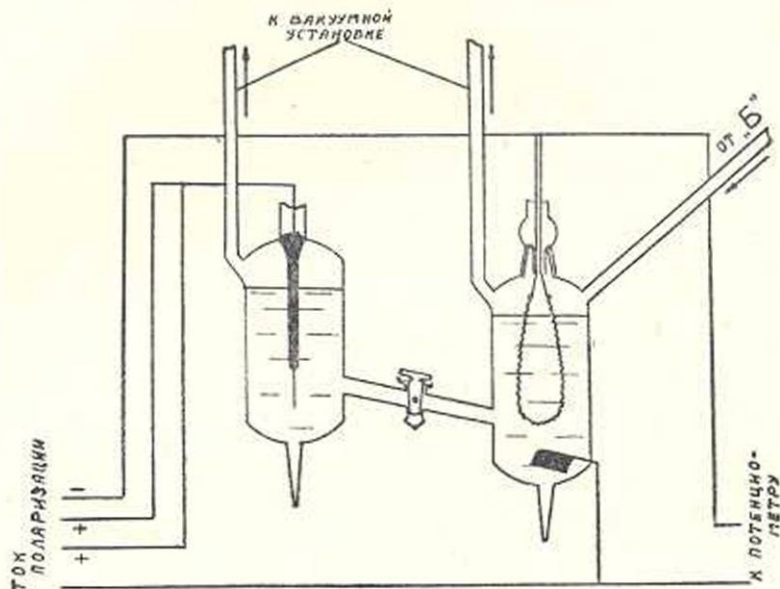
Из таблицы 1 следует, что результаты различных измерений, проведенных при близких условиях опыта, отличаются не более, чем на 0,1 в. Все данные, полученные до сих пор, указывают на то, что перенапряжение водорода на вольфраме невелико. Следует заметить однако, что на пленках вольфрама, осажденных на железе или никеле, величина перенапряжения ниже, чем на компактном металле [3, 5]. Это может быть связано как с самим состоянием поверхности (иная окисленность, степень разрыхления и т. д.), так и с образованием сплавов между вольфрамом и соответствующим металлом.

В настоящей работе приводятся данные по перенапряжению водорода, полученные при условиях, когда поверхность вольфрама в значительной степени оказывается освобожденной от поверхностных окислов.

Методика измерения

В качестве катода применялась вольфрамовая нить с рабочей поверхностью в 1 см^2 . Нить через платиновые контакты впаивалась в шлифованную крышку катодного пространства электролизера (фиг. 1). В анодном пространстве, отделенном от катодного вакуумным краном, находился платиновый анод. Раствор серной кислоты нужной

концентрации, очищенный предварительно электролизом между W-катодом и Pt-анодом, помещался в резервуар, связанный стеклянной трубкой и вакуумным краном с электролизером. Емкость резервуара обеспечивала проведение нескольких опытов с одним и тем же рас-



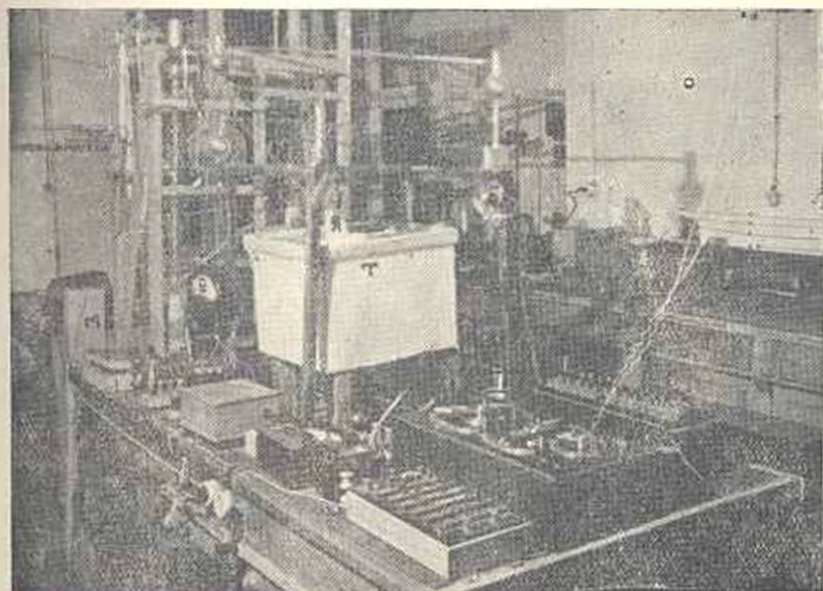
Фиг. 1. Электролизер и схема соединений.

твором. Электролизер и резервуар соединялись через ловушки с вакуумной установкой, состоявшей из ртутного насоса, ртутного манометра и форвакуумного насоса. Охлаждение ловушек производилось обычно смесью ацетона и твердой углекислоты. Общий вид установки показан на фиг. 2.

Перед началом измерений система откачивалась до остаточного давления порядка 10^{-5} мм ртутного столба, наполнялась электролитическим водородом и вновь откачивалась; эта операция повторялась несколько раз. Вольфрамовая нить при этом нагревалась от внешнего источника тока до светло-красного каления и поверхность ее подвергалась восстанавливающему действию водорода; образующиеся пары воды откачивались из электролизера. В электролизер подавался обезгаженный раствор, давление доводилось электролитическим водородом до близкого к атмосферному, при помощи термостата создавалась необходимая температура и начинались измерения.

При измерениях в качестве электрода сравнения применялась платина, поляризуемая в испытуемом растворе током в $1,9 \cdot 10^{-3}$ а/см². Водород, выделяющийся при поляризации, сохранял неизменной инертную атмосферу в электролизере и обеспечивал перемешивание раствора. Так как измерения проводились при различных температурах и в растворах с различным значением pH, то для определения потенциала электрода сравнения на платиновом электроде при всех усло-

виях опыта были сняты поляризационные кривые. Рассмотрение полученных данных показало, что перенапряжение водорода на платине,



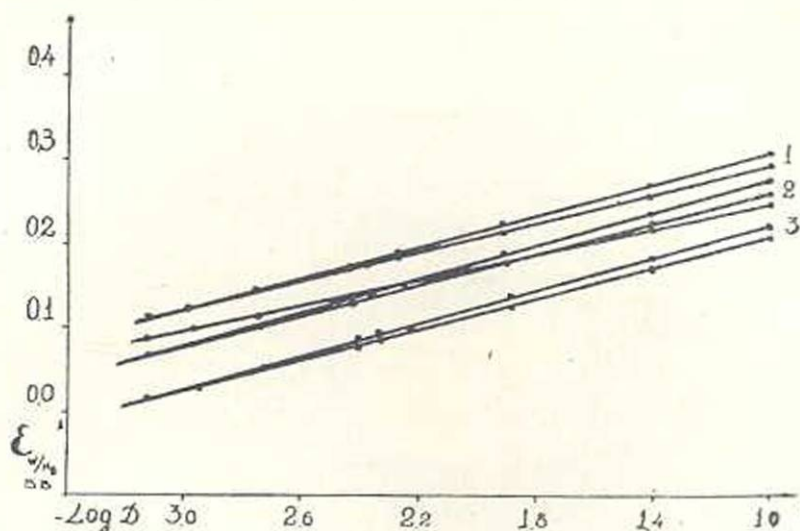
Фиг. 2. Общий вид установки.

в исследованных пределах pH, не зависит от концентрации водородных ионов и все изменение потенциала электрода при переходе от одного значения pH к другому связано с изменением равновесного потенциала водородного электрода. Ошибки опытов, обусловленные колебаниями потенциала электрода сравнения, не превышали 5–7 мв. При вычислении перенапряжения на вольфраме учитывались также омические потери напряжения в электролите и подводящих контактах; эти поправки были также невелики. Поляризация вольфрамового и платинового катодов осуществлялась при помощи двух независимых схем.

Результаты опытов и их обсуждение

Результаты поляризационных измерений для трех растворов с различными значениями pH (0,10, 1,60 и 3,60) и трех температур (25, 40 и 70°C) представлены в полулогарифмических координатах на фиг. 3.

Все опытные данные укладываются в формулу Тафеля, причем полулогарифмическая зависимость сохраняется при всех применявшихся плотностях тока, при всех значениях pH и всех температурах. Константы формулы Тафеля приведены в таблице 2. Их сопоставление с литературными данными (см. таблицу 1) показывает, что освобождение поверхности вольфрама от окисной пленки приводит к снижению перенапряжения водорода на 0,13–0,23 в; по нашим измерениям это снижение составляет около 0,15 в.



Фиг. 3. Зависимость перенапряжения водорода от логарифма плотности тока на вольфраме (прокаленного в атмосфере водорода) для растворов H_2SO_4 с pH—0,10, 1,60 и 3,60 и температур 25 (1), 40 (2) и 70 (3)°C.

Таблица 2

Температура в °C	рН растворов					
	0,10		1,60		3,60	
	а	в	а	в	а	в
25	0,412	0,100	0,417	0,103	0,412	0,103
40	0,389	0,107	0,387	0,106	0,372	0,102
70	0,365	0,120	0,370	0,123	0,365	0,120

С повышением температуры перенапряжение снижается; средний температурный коэффициент в пределах температур от 25 до 70°C равен, примерно, 1 мВ/град, т. е. в 2—4 раза меньше, чем у металлов с высоким перенапряжением водорода (ртуть, свинец) и близок к температурному коэффициенту перенапряжения водорода на платине. При вычерчивании логарифма плотности тока при заданном перенапряжении от величины обратной абсолютной температуре $\left(\frac{1}{T}\right)$, получаются прямые линии, отвечающие уравнению:

$$(\lg i)_{\eta=\text{const}} = B - \frac{A}{RT}.$$

Это, в соответствии с представлениями С. В. Горбачева [6], указывает на химический характер поляризации и малую роль диффузионных процессов в кинетике выделения водорода на вольфрамовом катоде. Величина энергии активации, отвечающая $\eta=0$, составляет 16300 кал.

Перенапряжение на вольфраме, свободном от окисных пленок, оказывается независимым от pH раствора. Поскольку измерения проводились не только в разбавленных, но и в довольно концентрированных растворах (до 2н раствора H_2SO_4), независимость перенапряжения от pH говорит о значительной роли рекомбинационного механизма при катодном образовании водорода на вольфраме и не согласуется с предположением о замедленности разряда водородных ионов, как о причине перенапряжения [2]. На замедленное протекание рекомбинации атомов водорода указывает так же и то, что на поляризационных кривых не наблюдается перелома вблизи потенциала, отвечающего нулевой точке вольфрама (вероятное значение $E_{q=0}$ для вольфрама $= 0,3$ в). В случае замедленного разряда переход от положительно заряженной поверхности металла к отрицательной сопровождается, как известно, повышением перенапряжения и линейный ход кривых $\eta - \lg i$ нарушается.

В ы в о ы

1. Удаление окисной пленки с поверхности вольфрама приводит к снижению перенапряжения водорода в среднем на 0,15 в.
2. На вольфраме, освобожденном от окисной пленки, основной причиной, обуславливающей перенапряжение, следует считать замедленность рекомбинации.

Химический институт
АН Армянской ССР

Поступило 17 V 1955

Հ. Ա. ԹԱՆՈՒՆՅԱՆ, Է. Ի. ԱՆՏՐՈՒՅԱՆ

ՎՈԼՖՐԱՄԻ ՎՐԱ ՋՐԱԾՆԱՅԻՆ ԳԵՐԼԱՐՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա. Մ. Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Ուսումնասիրված է վոլֆրամի օքսիդային շերտի ազդեցությունը ջրածնային գերլարման վրա, ձմարական թթվի լուծույթներում pH-ի 0,10, 1,60 և 3,60 արժեքների գեղքում:

Չափումները կատարվել են 25—70° ինտերվալում օքսիդացված և օքսիդային շերտը հեռացրած, վերականգնված վոլֆրամի վրա: Ուսումնասիրված է ջրածնային գերլարման կախումը լուծույթի pH-ից, ջերմաստիճանից, հոսանքի խտությունից և այլն:

Ստացված տվյալների հիման վրա ցույց է տրված, որ՝

1. Վոլֆրամի մակերևույթից օքսիդային շերտի հեռացումն առաջացնում է միջին հաշվով 0,15 վոլտ ջրածնային գերլարման անկում:
2. Օքսիդային շերտից ազատված վոլֆրամի վրա գերլարումն առաջանալու հիմնական պատճառը պետք է համարել սեկոմբինացման դանդաղությունը:

ЛИТЕРАТУРА

1. *M. de Kay Lhompson, C. Ria* *Trans. Am. Electrochem. Soc.* 67, 71 (1935).
2. *Hickling A., Salt F.* *Trans. Far. Soc.* 36, 1826 (1940).
3. *Печерская А. Г., Стендер В. В.* Журнал прикл. химии, 19, 1307 (1946); журнал физ. химии, 24, 856 (1950).
4. *Bockris Y. O' M., Arram J. A.* *Trans. Far. Soc.* 48, 145 (1952).
5. *Антропов Л. И.* Автореферат диссертации. Ереван, 1947.
6. *Горбачев С. В.* Журнал физ. химии, 24, 887 (1950).
7. *Васенин Р. М.* Журнал физ. химии, 27, 878 (1953).

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

М. В. Дарбинян и С. Г. Шекоян

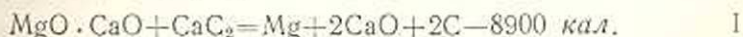
О возможности силико-термического восстановления магния из силикатов магния

Силикаты магния — серпентинит, дунит, перидотит и др. являются широко распространенными в природе магниевыми породами. Они отличаются высоким содержанием магния, но ввиду большого содержания кремнезема (в виде мета- и орто-силикатов магния и свободного кремнезема) пока не применяются в магниевой промышленности. Силикатная структура этих минералов сильно затрудняет их восстановление с целью получения металлического магния.

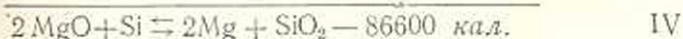
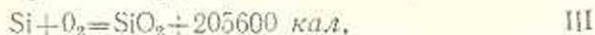
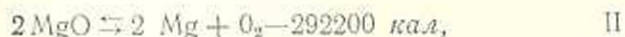
Ранее нами был разработан карбидо-термический метод получения магния из его силикатов [1, 2]. В этих работах теоретически и экспериментально показана возможность вакуумотермического получения магния из таких силикатов магния, как серпентин, дунит и перидотит. При этом в качестве восстановителей в основном были применены карбиды кальция и алюминия и частично кремневые восстановители — элементарный кремний и ферросилиций [2].

В настоящей статье приводятся полученные нами теоретические и экспериментальные данные о возможности термического восстановления силикатов магния кремневыми восстановителями.

Восстановление окиси магния или доломита карбидом кальция протекает по следующему уравнению:



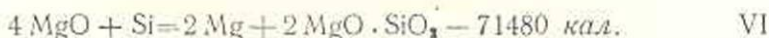
Механизм восстановления магниевых сырья карбидом кальция мы объясняем [2, 3] реакциями, протекающими как в твердой фазе — вследствие тесного контакта и взаимной диффузии реагирующих компонентов, так и в газо-паровой фазе. При применении карбида кальция в качестве восстановителя, вероятно происходит также диссоциация карбида кальция и взаимодействие образовавшихся паров кальция с окисью магния или другими магниевыми соединениями. С кремневым восстановителем окись магния реагирует так:



Реакция IV обратимая, но так как образовавшийся при этом кремнезем энергично реагирует с имеющейся в шихте окисью магния:



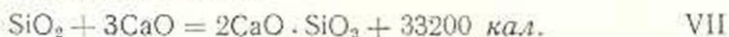
то равновесие IV смещается направо в сторону образования магния. Суммируя уравнения IV и V, получим:



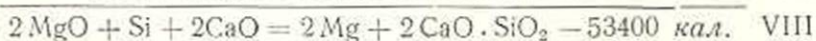
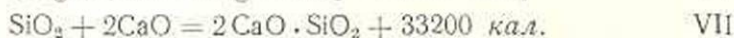
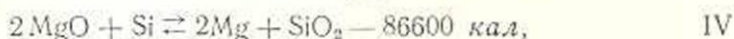
Таким образом, для силико-термического восстановления окиси магния, расход тепла на 1 грамм-атом $\text{Mg} \approx 35\,740 \text{ кал.}$ При этом выход магния теоретически не может превышать 50%, так как остальные 50% окиси магния в ходе реакции (V—VI) реагируют с кремнеземом, образуя ортосиликат магния.

Известно [4], что скорость реакции образования ортосиликата кальция $-2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ заметно превышает скорость реакции образования ортосиликата магния $-2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$, что объясняется большим тепловым эффектом первой реакции по сравнению со второй и большей подвижностью ионов Ca^{++} по сравнению с Mg^{++} .

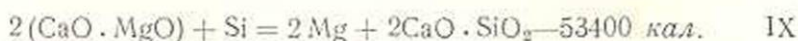
В условиях нашего эксперимента при наличии в шихте свободных окисей кальция и магния, кремнезем в первую очередь будет реагировать с окисью кальция.



Исходя из сказанного, восстановление окиси магния кремнием в присутствии окиси кальция можно представить так:



Основываясь на приведенных подсчетах и на то, что в прокаленном доломите уже не существует связи между окисью кальция и окисью магния [2, 5], практически расход тепла на восстановление доломита кремнием ориентировочно можно принять таким же (VIII):

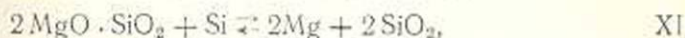
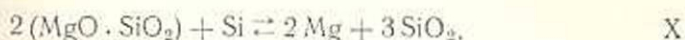


Таким образом, при силико-термическом восстановлении доломита расход тепла для получения 1 грамм-атома $\text{Mg} \approx 26\,700 \text{ кал.}$, что на 9040 кал (33,86%) меньше, чем при восстановлении окиси магния. Выход магния при этом должен быть гораздо больше, чем при применении окиси магния.

Исходя из вышесказанного, представляет некоторый теоретический и практический интерес экспериментальное изучение реакции восстановления силикатов магния кремневыми восстановителями в присутствии свободной окиси кальция.

Предварительные исследования показали, что силикаты магния, без добавки специальных связывающих для кремнезема, кремневыми

восстановителями не восстанавливаются. Нижеприведенные реакции X и XI:



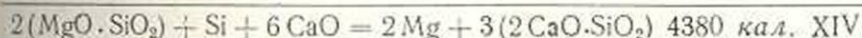
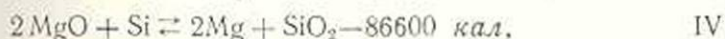
практически идут обратно, так как константы их равновесия

$$\frac{[\text{Mg}]^2 \cdot [\text{SiO}_2]^2}{[\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2]^2 \cdot [\text{Si}]} = K_X \text{ и } \frac{[\text{Mg}]^2 \cdot [\text{SiO}_2]^2}{[2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2] \cdot [\text{Si}]} = K_{XI}$$

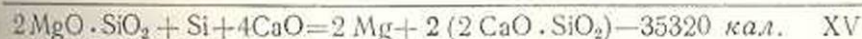
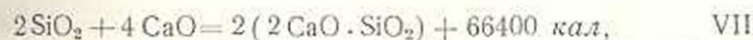
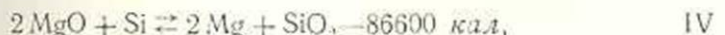
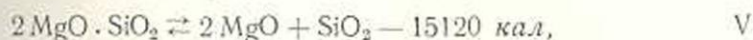
слишком малы.

Для смещения равновесия X и XI направо в сторону образования магния нужно связать имеющийся в силикате и образовавшийся в процессе реакции кремнезем, что практически, как показали наши исследования, можно осуществить добавлением в шихту достаточного количества окиси кальция. Реакции можно выразить по нижеследующим уравнениям:

а) восстановление метасиликата магния:



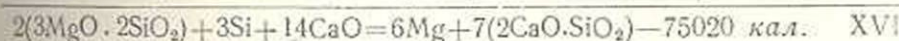
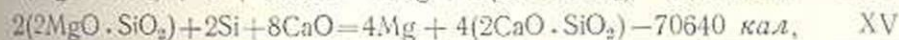
б) восстановление ортосиликата магния:



Таким образом, при силико-термическом восстановлении силикатов магния расход тепла на 1 грамм-атом Mg для метасиликата магния ≈ 2190 кал, а для ортосиликата магния ≈ 17660 кал.

Серпентин $-3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ при прокаливании теряет кристаллизационную воду и прокаленному серпентину можно дать условную формулу $-3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$ (составленного из 1 мол. ортосиликата магния $-2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ и 1 мол. метасиликата магния $-\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$).

Ориентировочно (без учета примесей и ряда других факторов) восстановление прокаленного серпентина можно выразить суммой реакции XIV и XV:



Таким образом, при силико-термическом восстановлении прокаленного серпентина в присутствии стехиометрического количества (XVI) окиси кальция расход тепла на 1 грамм-атом Mg ориентировочно¹ можно принять $\approx \frac{75\,020}{6} = 12\,503 \text{ кал.}$

Вышеприведенные уравнения реакции выведены на основании результатов проведенных химических и кристаллооптических² анализов.

Результаты кристаллооптического анализа: шлак (шихта составлена из 40% прокаленного серпентинита, 50% окиси кальция, 8% ферросилиция и 2% плавикового шпата).

Под микроскопом видны крупные пластинки $(25-35\mu)\text{-}\gamma\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ и округленные образования — $\beta\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$. Содержание MgO незначительное. Остаток восстановителя присутствует в виде мелких железистых корольков (см. фиг. 1 и 2).



Фиг. 1. В поле зрения видны крупные пластинки $\gamma\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ и непрозрачные корольки металла (Fe). Свет проходящий. Увеличение в 600 раз. Николи параллельные.



Фиг. 2. То же, николи скрещены (видны зерна $\gamma\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$).

Опыты по силико-термическому восстановлению силикатов магния были проведены аналогично нашим предыдущим исследованием [1, 2], на такой же установке.

В качестве магниевого сырья из силикатов магния были взяты серпентинит, дунит и перидотит, а в качестве добавки окиси кальция (известь).

¹ Для проведения более точных термодинамических расчетов с учетом свободной энергии реакции и др. факторов в литературе пока не имеется необходимых данных.

² Кристаллооптические анализы были проведены иммерсионным методом, при помощи поляризационного микроскопа, в кристаллооптической лаборатории ВАМИ, (г. Ленинград) О. А. Аракелян.

Химический состав исходного сырья приведен в табл. 1.

Таблица 1

№ п/п	Сырье	Хим. состав в %					
		п. п. п.	SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	MgO	
1	Серпентинит не прокал.	22,62	30,60	7,39	0,65	38,16	99,42
2	прокал. при 750°	—	39,53	10,31	0,84	49,30	99,98
3	Дунит не прокал.	11,38	41,16	8,64	0,93	38,01	100,17
4	прокал. при 750°	0,25	45,99	9,88	1,07	42,41	99,60
5	Перидотит не прокал.	16,20	36,83	10,85	0,68	35,02	99,58
6	прокал. при 750°	0,17	43,93	13,89	0,79	42,01	100,79
7	Обожженная известь	0,13	0,78	0,97	98,41	следы	100,29

В качестве восстановителей были взяты кремний (с содержанием Si=96,6%) и ферросилиций (с содержанием Si=75,3%).

Шихта для брикетирования была составлена на основании стехиометрических расчетов (XIII и XV), с учетом химического состава исходных материалов.

Предварительные исследования показывали, что без добавки в шихту катализатора выходы магния слишком низкие, потому и дальнейшие исследования проведены в присутствии катализатора — CaF₂.

Таблица 2

Опыты восстановления силикатов магния кремневыми восстановителями

№ п/п	Состав шихты в %			Восстано- витель		Вискоза бри- кетов в г	Условия восста- новления				Выход Mg в % (по анализу брикетов)
	магнелиевое сырье	CaO	CaF ₂	Si	FeSi		темпе- ратура в °C	экспози- ция в часах	вакуум в мм рт.ст.		
1	Серпентинит	36,3	52,1	2,8	—	8,8	7,43	1200	2	0,8—1,2	33,4
2	"	36,3	52,1	2,8	—	8,8	14,20	1250	2	0,8—1,2	55,3
3	"	36,3	52,1	2,8	—	8,8	12,11	1250	3	0,8—1,2	64,3
4	"	36,3	52,1	2,8	—	8,8	11,43	1300	3	0,8—1,2	67,9
5	"	40,0	50,0	2,0	—	8,0	6,35	1250	3	0,02	75,6
6	"	40,0	50,0	2,0	—	8,0	4,05	1300	3	0,02	76,8
7	"	41,0	50,5	2,0	6,5	8,0	6,65	1250	2	0,8—1,2	56,9
8	Дунит	42,0	47,0	3,0	—	8,0	5,67	1200	2	0,8—1,2	23,1
9	"	42,0	47,0	3,0	—	8,0	7,50	1250	2	0,8—1,2	42,8
10	Перидотит	42,0	47,0	3,0	—	8,0	8,55	1200	2	0,8—1,2	25,1
11	"	42,0	47,0	3,0	—	8,0	7,05	1250	2	0,8—1,2	41,1

Из приведенных опытов (табл. 2) следует, что восстановление силикатов магния кремневыми восстановителями при наличии в шихте окиси кальция и катализатора (CaF₂) практически вполне осуществимо. Выход магния по сравнению с карбидо-термическим методом [1, 2] ниже. Только в условиях более глубокого вакуума и высоких температур (опыты 5 и 6) получены удовлетворительные выходы.

В ы в о д ы

1. Выведены некоторые уравнения реакции силико-термического восстановления магния из силикатов магния. Проведены ориентировочные подсчеты их тепловых эффектов.

2. Показано, что восстановление силикатов магния (серпентинита, дунита и перидотита) кремнием или ферросилицием практически возможно только при создании условий связывания кремнезема, что целесообразно осуществить окисью кальция.

3. Реакции необходимо проводить в присутствии катализатора— CaF_2 .

4. Выход магния увеличивается с увеличением вакуума и повышением температуры и экспозиции. Максимальный выход получен 76,5—76,8%.

5. При применении в качестве сырья разных силикатов магния, выходы магния получаются разные. Сравнительно лучшие выходы дает серпентинит.

6. Удельный расход шихты при силико-термическом методе получения магния из силикатов магния слишком большой (вследствие необходимости добавления в шихту более 50% окиси кальция). Метод может иметь препаративное значение.

Մ. Վ. Դարբինյան, Ս. Գ. Շեկոյան

ՄԱԳՆԵԶԻՈՒՄԻ ՍԻԼԻԿԱՏՆԵՐԻՑ ՍԻԼԻԿՈ-ՔԵՐՄԻԿ ԵՂԱՆԱԿՈՎ
ՄԱԳՆԵԶԻՈՒՄԻ ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՄԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Սերպենտինիտը, դունիտը, պերիդոտիտը և մագնեզիումի այլ սիլիկատները շատ տարածված են բնության մեջ: Նրանք պարունակում են մեծ քանակությամբ մագնեզիում, բայց չնորհիվ սիլիկատի բարձր պարունակության (մեթա- և օրթո-սիլիկատներ և ազատ սիլիկանոլ), առայժմ չեն կիրառվում մետաղական մագնեզիում ստանալու համար: Նրանց սիլիկատային սարուկաուրան խիստ խանգարում է մետաղական մագնեզիում ստանալու նպատակով նրանց վերականգնմանը:

[1, 2] աշխատություններում մշակված է կել մագնեզիումի սիլիկատներից մետաղական մագնեզիումի ստացման կարրիդո-թերմիկ եղանակ, որտեղ տեսականորեն և էքսպերիմենտալ կերպով ցույց է տրված մագնեզիումի սիլիկատներից վակուում-թերմիկ եղանակով մետաղական մագնեզիումի ստացման հնարավորությունները:

Հոդվածում շարագրված են հեղինակների ստացած տեսական և էքսպերիմենտալ տվյալները, որոնք վերաբերում են մագնեզիումի սիլիկատներից սիլիցիումային վերականգնիչներով մետաղական մագնեզիումի ստացմանը:

1. Սիլիկո-թերմիկ եղանակով ստացված են մագնեզիումի սիլիկատները վերականգնման մի շարք սեպիցիաների հալատարումներ և կատարված են նրանց ջերմային էֆեկտների օրինակներ հաշվումներ:

2. Յույց է արված, որ մագնեզիումի սիլիկատների (սերպենտինիտ, դունիտ և պերիդոտ) վերականգնումը սիլիցիումով և ֆերրո-սիլիցիումով պրակտիկորեն կարելի է անել, եթե միայն ստեղծվեն նպաստավոր պայմաններ՝ սիլիկատի մեջ կղած սիլիկատիզը կապելու համար, որ նպատակահարմար է իրականացնել կալցիումի օքսիդով:

3. Ռեակցիան անհրաժեշտ է տանել կատալիզատորի (CoF_2 -ի) ներկայությամբ:

4. Մագնեզիումի էլուենքը մեծանում է վառումի խորացմամբ, ջերմատիճանի բարձրացմամբ ու փորձի տեղադրյալի ավելացմամբ: Մաքրման էլուենքը ստացվել է $75,6-76,8^\circ/\text{C}$:

5. Մագնեզիումի տարրեր սիլիկատներ որպես հումք կիրառելիս ստացվում են տարրեր էլուենքներ: Համեմատաբար բարձր էլուենքներ են ստացվում սերպենտինիտից:

6. Սիլիկատներից սիլիկո-թերմիկ եղանակով մեաղական մագնեզիումի ստացման ժամանակ շիխտայի տեղակարար ծախսը չափազանց մեծ է լինում (քանի որ շիխտան պետք է պարունակի 50% -ից ավելի կալցիումի օքսիդ):

ЛИТЕРАТУРА

1. Дарбинян М. В. ДАН Армянской ССР, VI, № 3, 71—76, 1947.
2. Дарбинян М. В. Автореферат диссертации, Ереван, 1952.
3. Дарбинян М. В. Научные труды Ереванского государственного университета, т. 36, серия хим. наук, вып. 1, 75—85, 1952.
4. Будников П. П. и Бережной А. С. Реакции в твердых фазах. Промстройиздат, 1949.
5. Будников П. П. и Гулиева Л. Г. Ж. П. Х., т. 10, № 5, 797—806, 1937.
6. Шенке Г. Физико-химия металлургических процессов. ОНТИ, 1936, стр. 278.

Г. П. Багдасарян, А. Т. Вегуни

О литологии и условиях образования палеоценовых отложений Хвалынского правобережья реки Волги

В статье излагаются результаты обработки и обобщения собранного авторами в 1952 году в Хвалынском правобережье р. Волги геологического материала по литологии палеоценовых отложений и генезису подчиненных им кварцитовидных песчаников.

Материал собран в процессе шестимесячных геолого-поисковых и разведочных работ на кварцитовидные песчаники для нужд строительства крупных гидротехнических сооружений на Волге. Работы эти осуществлялись экспедицией Института геологических наук Академии наук Армянской ССР в содружестве с инженерно-техническими работниками «Сталинградгидростроя».

История геологического изучения рассматриваемого района связана с именами ряда исследователей: Мурчинсона, Эйхвальда, И. Ф. Синдоча [11], А. П. Павлова [10], В. Г. Хименкова [12], А. Д. Архангельского и С. С. Доброва [1], А. Д. Архангельского [2], В. А. Можаровского [1935], Е. В. Милановского [8] и других, которые в процессе своих регионально-геологических исследований в той или иной степени рассмотрели также Хвалынский район.

Сравнительно более детальные исследования здесь проводились П. М. Быстрицкой [5], А. И. Котовой [7], В. В. Буцурой [3, 4], В. Г. Вахрушевым [6], причем последними двумя исследователями изучались в основном месторождения естественных каменных строительных материалов и другие нерудные ископаемые района.

В свете новых исследований А. И. Олли и Е. В. Чибриковой [9] Хвалынское правобережье рассматривается как «...вал, представляющий собой очень пологое, широкое поднятие, ориентированное в северо-восточном направлении».

В стратиграфическом разрезе района принимают участие: а) толща разнообразных глин и песков нижнего мела (готерив-баррем, апт, альб), мощностью около 180 м, б) карбонатные отложения верхнего мела (турон, сантон, кампан, маастрихт), представленные слоями грубого песчаного и мягкого писчего мела с подчиненными им прослойками мереля, суммарной мощностью 90—95 м, в) толща мощностью до 85 м мелко-среднезернистых кварцевых песков палеоцена, перемежающихся кварцитовидным песчаником и пропластками глины, г) четвертичные глины, суглинки со щебнем и галькой песчаника.

Стратиграфия пород нижнего и верхнего мела достаточно хорошо изучена упомянутыми геологами, к работам которых мы отсылаем читателей, интересующихся специальной частью вопроса.

Более обстоятельно остановимся ниже на интересующей нас толще палеоцена.

Стратиграфия отложения палеоцена

Третичные отложения района изучены сравнительно недостаточно ввиду их плохой обнаженности. Отложения эти покрыты, преимущественно, делювиальными образованиями, а местами почвенным слоем и элювием, среди которых изредка встречаются мелкие обнажения коренных пород.

Заложенные нами в 1952 г. свыше 180 поисково-разведочных шурфов глубиной в 10 м в отложениях этого возраста, вскрывшие все горизонты палеоцена на протяжении свыше 20 км Хвалынского правобережья, а также изучение существующих обнажений этих пород дают возможность охарактеризовать отложения третичной системы довольно обстоятельно.

К третичным отложениям района относятся палеоценовые морские и неогеновые, преимущественно, континентальные образования.

Палеоценовые отложения в районе занимают довольно значительные пространства. Они слагают почти все возвышенные участки района, причем их подошва залегает, в основном, на отметках 295—300 м над уровнем моря. Преобладающим развитием пользуются эти отложения в верхней части Хвалынского водораздельного массива. Сравнительно небольшие участки слагают они в виде изолированных куполов „шиханов“ в Армянских горах на юго-западе района, а также отдельные высоты в районе сел. Демкино и Маровка в виде останцев. На этих участках подошва палеоцена опускается значительно ниже: на Армянских горах — до абс. высоты 250 м, у с. Демкино — 195 м, у с. Маровка — до 165 м.

Мощность палеоценовых отложений в районе колеблется в значительных пределах и обусловлена степенью их размыва в различных участках. Максимальные мощности фиксированы у высоких отметок Хвалынского массива (80 м). В среднем, мощность палеоцена составляет 60 м.

По литологическим признакам в толще палеоцена можно выделить следующие пакки пород.

1. Над размытой поверхностью верхнего мела, зоны *Belemnitella americana* (маастрихтского яруса залегает тонкий 2—3 см прослой серой, реже коричневой жирной глины, на которой лежат светлые буровато-желтые средние- и мелкозернистые кварцевые пески. Последние кверху постепенно становятся несколько глинистыми, приобретая темный оттенок. Эти пески содержат конкреции кварцитовидного песчаника. Конкреции расположены неравномерно, иногда со слабыми

признаками слоевого залегания, обладают, обычно, причудливыми формами (фиг. 1) и, в большинстве случаев, содержат в себе ризолитовые включения (фиг. 2), а изредка также и остатки окаменелой дре-



Фиг. 1. Конкреции кварцитовидного песчаника причудливой формы из базальной свиты палеоценовой толщи. Величина конкреций от 10 до 40 см.



Фиг. 2. Ризолиты в конкрециях кварцитовидного песчаника из базальной свиты палеоценовой толщи.

весины. Мощность описываемой пачки колеблется в пределах 5—15 м, между абс. отм. 283—298 м. Эта пачка занимает, главным образом, пониженные части неровной поверхности верхнего мела.

2. Выше по разрезу выступает кварцевый мелкозернистый песок светло-серого и кремового цветов с отдельными прослоями, окрашенными окислами железа в красноватый цвет песка, нередко глинистого.

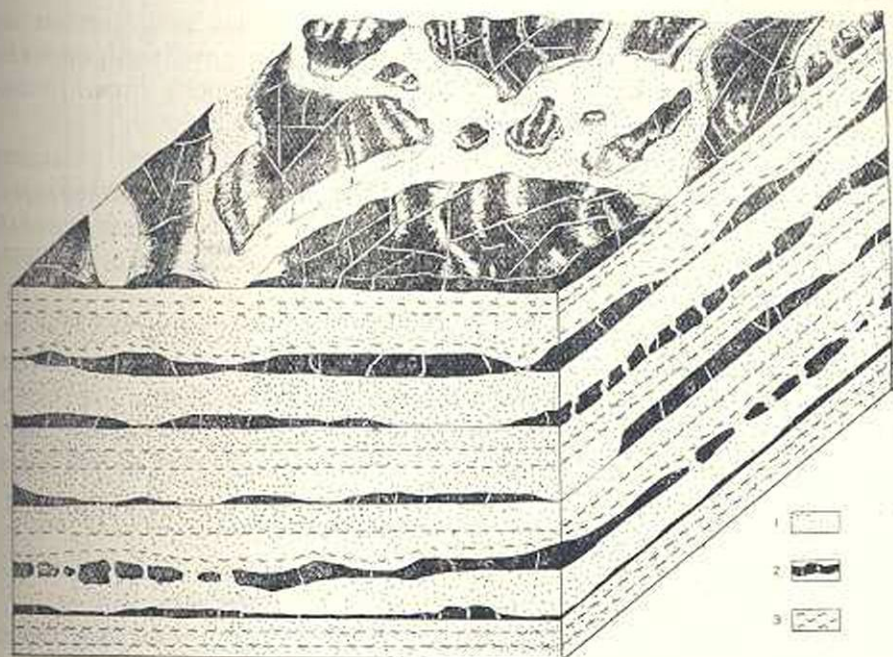
Пески часто переслаиваются тонкими, от 0,5 до 1,5 см, прослойками зеленовато-серой и буровато-серой жирной пластичной глины. На определенных интервалах в 0,5—1,5 м песок перемежается слоями конкреции, пластообразными, плитообразными телами кварцитовидного песчаника. Песчаник серый, буровато-серый, светло-серый, несколько трещиноватый, часто имеет корку из слабо сцементированного песчаника, толщиной 1—5 мм. Мощность слоев конкреций и плит колеблется в пределах 20—40 см. Кроме того, нередко, в слое песка между слоями конкреций и плитами наблюдаются разрозненные конкреции кварцитовидного песчаника, характеризующиеся обычно неправильными, часто причудливыми формами. Общая мощность этой пачки—12 м.

3. Выше на описанную пачку залегают кварцевые средне- и мелкозернистые пески, большей частью желтого и желтовато-серого цветов. Песок местами слегка глинистый, содержит прослойки окрашенные окислами железа в красно-бурый цвет. Нередки и прослойки зеленовато-серой и синевато-серой пластичной жирной глины, толщиной 1—2 см. Слои песка перемежаются через каждые 0,5—1 или 1,5 м слоями конкреций и плитами кварцитовидного песчаника, мощностью преимущественно 30—50 см, достигающими иногда 60 см. Песчаник сливной, обычно светло-серого цвета, редко наблюдаются в нем ризолитовые включения и, еще реже, осчатки окаменелой древесины и мелкие (1—2 см) гальки опоки. Плиты песчаника трещиноватые. По трещинам иногда наблюдается легкий налет окислов железа. В слоях песка между слоями конкреций, плит и т. д. встречаются отдельные конкреции того же песчаника, величиной 10—20 см. Мощность описанной пачки—18 м.

4. Кверху от предыдущей пачки, отложения представлены мелкозернистым, частично среднезернистым кварцевым песком, постепенно переходящим выше в глинистый песок. Песок уплотненный, желтовато-бурый, окрашен прослойками в охристо-красный цвет и прослаивается зеленовато-серой и синевато-серой жирной, пластичной глиной, мощностью 1—2 см. Интервалы между прослойками глины 30—40 см, а местами еще меньше. Слои песка ритмично перемежаются плитами и прослоями конкреций кварцитовидного песчаника, мощностью в 10—25 см. Промежутки между отдельными слоями конкреций и плит составляют, большей частью 1—1,5 м. Песчаник светло-серый, серый, иногда темно-серый, имеет тонкую (1—2 см) корку из слабо сцементированного песчаника.

Плиты часто разбиты трещинами, нередко на них наблюдается легкий налет водных окислов железа.

В рассматриваемой пачке намечается некоторое, относительно негустое расположение в слое конкреций, составляющих 60—75% объема слоя. Мощность пачки — 14 м.



Фиг. 3. Блок-диаграмма среднего (продуктивного) горизонта палеоценовых отложений Хвалынского района. 1. Песок кварцевый. 2. Кварцитовидный песчаник. 3. Прослойки глины.

5. Выше залегают глинистые пески зеленовато и буровато-серо то цвета, переходящие кверху в более глинистые разности. Пески перемежаются тонкими, мощностью в 5—10 см прослоями и плитами зеленовато-серого кварцевого песчаника. Последний характеризуется почти постоянным наличием корки из слабо сцементированного песчаника, иногда пропитанного водными окислами железа, а также присутствием каверн, выполненных, частично, зеленовато-серым глинистым песком. Мощность описанной пачки составляет 18—20 м.

Кварцитовидный песчаник во всех описанных пачках палеоценовой толщи, как это видно из блок-диаграммы (фиг. 3) слагает определенные, выдержанные по простиранию слои. По своему строению слои не сплошные. Каждый из этих слоев представлен расположенными на одном гипсометрическом уровне горизонтально залегающими телами кварцитовидного песчаника в виде плит, пластов, уплощенных линз, слоев конкреции. Промежутки между ними выполнены кварцевыми песками.

Тела эти характеризуются невыдержанной мощностью; просле-

живаются по простиранию на несколько и до десяти, а возможно и больше метров, давая местами раздувы, пережимы и до выклинивания. Плитообразные, пластообразные и линзовидные тела разбиты обычно вертикальными трещинами на куски величиной от 20 до 50 см. Трещины часто заполнены кварцевым песком. Реже встречаются монолитные тела. Мощность тел колеблется от 15—20 до 40—50 см, достигая иногда 70 см. В слоях конкреций последние расположены довольно густо, примыкая тесно друг к другу или довольно разрозненно; они составляют от 50 до 90% общей поверхности слоя. Промежутки между конкрециями выполнены кварцевым песком.

Слои кварцитовидного песчаника развиты в толще палеоцена довольно равномерно в горизонтальном направлении и, неравномерно, в вертикальном, причем, процентное содержание песчаника преобладает в средней части толщи и, относительно, меньше распространен в базальной и верхней частях толщи.

Из всего вышеизложенного явствует, что толща отложений палеоцена по всей своей мощности не однообразна: в части ее преобладают пески, в другой — глинистые пески; также меняется процентное содержание, и характер песчаника. Следовательно, всю толщу палеоцена по литологическому признаку можно подразделить на три свиты (см. фиг. 4).

1. Нижняя, или базальная свита (пачка № 1).
2. Средняя, или продуктивная свита (пачка №№ 2, 3, 4).
3. Верхняя, или глинисто-песчаная свита (пачка № 5).

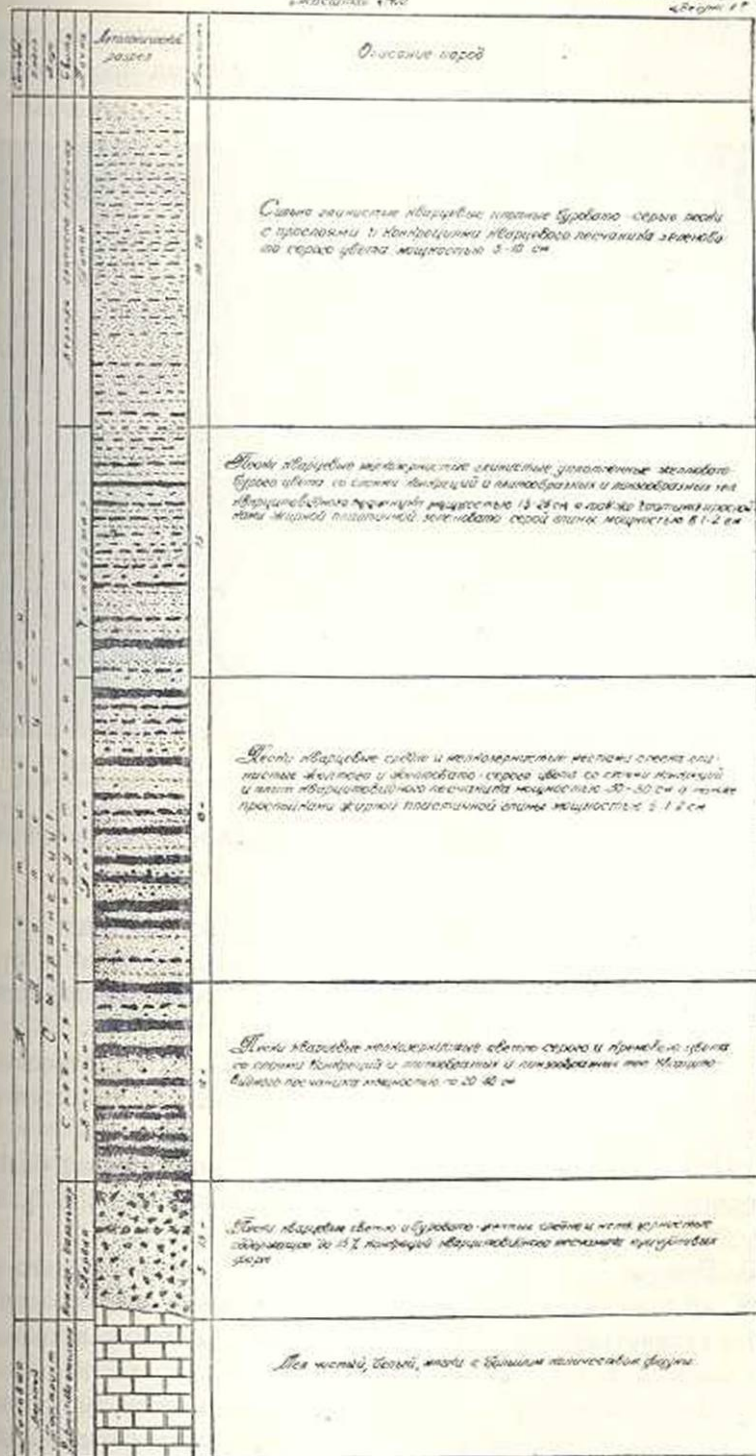
1. *Нижняя (базальная) свита* представлена преимущественно, кварцевыми песками с подчиненными им причудливой формы конкрециями кварцитовидного песчаника; конкреции расположены неравномерно, иногда со слабым признаком на слоевое залегание. Песчаник составляет примерно 15% общей массы пород свиты.

Рассматриваемая свита, в основном, приурочена к пониженным формам допалеоценового рельефа. Мощность свиты, в зависимости от местоположения, колеблется в широких пределах. В тех случаях, когда подошва ее находится на высоких отметках, мощность незначительная и, даже, равна нулю; в пониженных частях древнего рельефа мощность свиты, наоборот, возрастает, достигая 15 м.

2. *Средняя (продуктивная) свита* характеризуется преобладающим распространением кварцевых мелкозернистых и среднезернистых песков, лишь в незначительной части своей песок слегка глинистый. Толща песка перемежается (с интервалами 0,5—1,5 м) слоями конкреций, плитообразных и пластообразных тел кварцитовидного песчаника мощностью 25—40 см, а также тонкими прослойками зеленовато-серой, буровато-серой жирной глины (фиг. 5).

Однако из характерных особенностей этой свиты является относительно высокое содержание в нем кварцитовидного песчаника, составляющее 22—25% общей массы пород и более или менее равномерное его распространение в толще песка. Эта свита занимает пре-

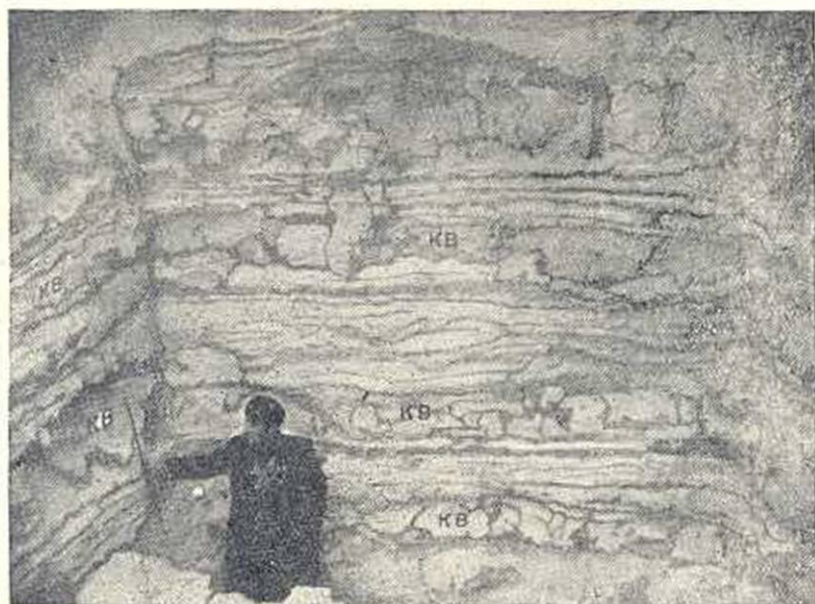
Стратиграфический разрез
отложенных полеуцента средней части Хвалынского правобережья
р. Волги
Август 1928



Фиг. 4.

обладающую часть Хвалынского водораздельного массива, где мощность ее достигает 40—45 м.

3. *Верхняя (глинисто-песчаная) свита* представлена, главным образом, глинистым песком с редкими подчиненными прослоями квар-



Фиг. 5. Обнажение пород средней (продуктивной) свиты палеоценовых отложений на участке „Белячиха“. На светлом фоне песков выделяются плиты, пластообразные тела и слои конкреции кварцитовидного песчаника и тонкие прослойки глины.

цевого песчаника, мощностью по 5—10 см и составляющего 8—12% общей массы пород свиты. Мощность этой свиты колеблется от 0 до 18 м, что обусловлено степенью размыва его в послепалеоценовое время и связано с формированием современного рельефа.

По отношению к предыдущему эта свита имеет относительно небольшое распространение и занимает возвышенные участки водораздельного массива.

Возраст образования палеоценовых отложений раньше большинством геологов (И. Ф. Синцов [11], А. Д. Архангельский [1, 2], и др.) был отнесен к Саратовскому ярусу палеоцена.

В. В. Буцура [3] в 1937 г. на основании литологического сходства этих отложений с аналогичными породами соседних районов отнес их к ниже-саратовскому ярусу, но и не исключал возможность их более раннего возраста.

П. М. Быстрицкая [5], развивая это предположение В. В. Буцуры, считает, что рассматриваемые отложения являются фациальной разностью сызранских опок района Вольска, так как у сел. Самодуровки

наблюдается сильное опесчанение опок, а участками опоки замещаются мучнистыми песками. Иначе говоря, сызранские опоки к северо-западу от Вольска фациально переходят в пески и в районе наших исследований представлены мощной толщей песков с подчиненными им слоями песчаника.

Е. В. Чибрикова [13] эти же отложения считает нижнесызранскими и в подтверждение своего предположения приводит результаты работ В. В. Буцеры последних лет, проведенных на рассматриваемой территории.

В. В. Буцурой было установлено налегание на эти отложения палеонтологически охарактеризованных верхнесызранских песчаников в верховье р. Избалык с. Евлейка. Кроме того, в песках этой толщи, в нашем районе, им была собрана фауна (в том числе и *Trochocyathus calxitrapa* Koen.), которая по А. Д. Архангельскому, является руководящей формой для нижнесызранского подъяруса.

Отложения неогенового возраста в нашем районе почти не изучены. Большинство исследователей ограничивается лишь кратким упоминанием о наличии таковых. Неогеновые отложения здесь представлены, главным образом, континентальными образованиями и, только на одном участке — в районе сел. Меровка — небольшим клочком выступают ачкагыльские морские отложения.

К четвертичным отложениям района относятся морские (хвалынские) глины, равно как и аллювиальные, делювиальные и пролювиальные отложения конусов выноса долов, выпадающих в р. Волгу.

Минералого-петрографическая и химическая характеристика пород палеоценовой толщи

А. Пески и глины

Рассматриваемые породы составляют примерно 80% объема палеоценовых отложений; представлены, в основном, кварцевыми песками и подчиненными им тонкими прослойками жирной глины.

Пески по своему гранулометрическому составу колеблются от мелкозернистых до среднезернистых. Крупнозернистая, а также алевроитовая часть составляет в некоторых случаях до 10% общей массы. Примеси глинистых (пелитовых) частиц содержится в большинстве проб от 3,5 до 12%, достигая нередко (в глинистых разновидностях) до 25% породы. Карбонат кальция обычно отсутствует вовсе, но иногда содержится в количестве до 0,3%.

Зерна песка обладают в подавляющем большинстве случаев угловато-окатанными формами, в меньшей мере развиты окатанные и угловатые разности. Минералы тяжелой фракции шлихов, полученных из песка, составляют большей частью 0,5—1%, достигая иногда 2,5—3%. Среди тяжелых минералов пользуются значительным развитием немагнитные рудные минералы, затем дистен, силлиманит, рутил,

ставролит, турмалин, циркон, разложенные минералы. В виде единичных зерен присутствует часто гранат и зеленая роговая обманка.

Минералы легкой фракции составляют от 97 до 99,5% веса шлиха. Кварц является главной составной частью легкой фракции, составляя большей частью 85—98% последней, изредка спускается до 80%. Почти во всех случаях кварц сопровождается примесью зерен щелочного полевого шпата, количество которого колеблется от единичных зерен до 4% легкой фракции и лишь в одном случае достигает 12%. Заметным распространением пользуются также разложенные, близко неопределяемые минералы, составляющие от 2 до 13%. Нередко присутствует также глауконит в единичных зернах, реже до 1%.

Ниже, в таблице 1 приводится химический состав двух наиболее типичных образцов проб песка. Первый — белесовато серая, а второй — желтоватая разновидность.

Таблица 1

N ^o п.п.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O+K ₂ O	Влага	пш	Сумма
1	97,06	—	2,37	0,50	сл.	—	0,10	0,52	—	0,39	100,0
2	94,20	—	2,45	1,20	сл.	0,42	0,62	0,53	0,03	0,24	99,72

Данные химических анализов близко отвечают минералогическому составу песков и, с другой стороны, показывают, как увидим ниже, близость их химического состава с таковым и подчиненных им песчаников.

Б. Кварцитовидные песчаники

В отложениях палеоцена Хвалынского района песчаники развиты неравномерно. Количественное содержание их составляет: в нижней свите примерно 15% объема пород, в средней свите — 22—25%, а в верхней свите — 10—12%.

По своему петрографо-минералогическому и химическому составу песчаники первых двух свит совершенно идентичны. Кроме того, они характеризуются высокой прочностью цемента, напоминая по внешнему своему облику кварцит, в связи с чем названы нами кварцитовидными песчаниками (фиг. 6).

Песчаники верхней свиты в известной мере отличаются от вышеуказанных песчаников сравнительно несколько заметной загрязненностью минералами примеси и менее высокой прочностью цемента. Эти породы правильнее назвать кварцевыми песчаниками.

Макроскопически кварцитовидные песчаники представляют собой сливную породу. Окраска ее обычно неравномерная, что отчетливо выражено даже на небольшой поверхности штуфов. То она светлосе-



Фиг. 6. Штуф кварцитовидного песчаника.

рая с переходами в буроватый или темносерый цвет, то окрашена неправильными участками в различные, связанные с постепенными переходами тона: серый, кремовый, голубоватый, буроватый с преобладанием первых из них. Нередко на светлом фоне штуфа наблюдается красновато- и розовато окрашенные участки.

Излом породы обычно неровный, шероховатый, реже полураковистый. Иногда на нем выделяются светлые круглые или продолговатые пятна, указывающие на включения ризолитов. Последние нередко окружены корочкой светло-серого или белесовато-кремнистого вещества толщиной до 1, реже 2 мм.

В большинстве случаев ризолиты по своей крепости, в той или иной мере уступают вмещающей их породе, но в ряде случаев они почти такие же сливные, как вмещающие породы. Нередко порода ризолита заметно слабо сцементирована, рыхлая или разрушена. В последнем случае оставляет в породе полости цилиндрической формы, частично заполненные песком.

Характерный для нижней свиты кварцитовидный песчаник под микроскопом (фиг. 7 и 8) обнаруживает псаммитовую структуру и массивную текстуру. Составными частями породы являются зерна кварца, составляющие 90—82% поля шлифа и цементирующее их вещество — 8—10%. Минералы примеси представлены редчайшими (2—3 индивида в шлифе) зернами решетчатого микроклина.

Кварц обладает, в основном, окатанными и угловато-окатанными формами: гораздо меньше распространены угловатые зерна. Размеры большинства песчинок колеблются от 0,10 до 0,45 мм; подчиненную роль играют зерна величиной 0,08—0,16 и 0,45—0,60 мм.



Фиг. 7. Микрофото шлифа кварцитовидного песчаника. Песчинки кварца сильно сцементированы халцедоновым цементом соприкосновения и выполнения. Увелич. 80. Николи +



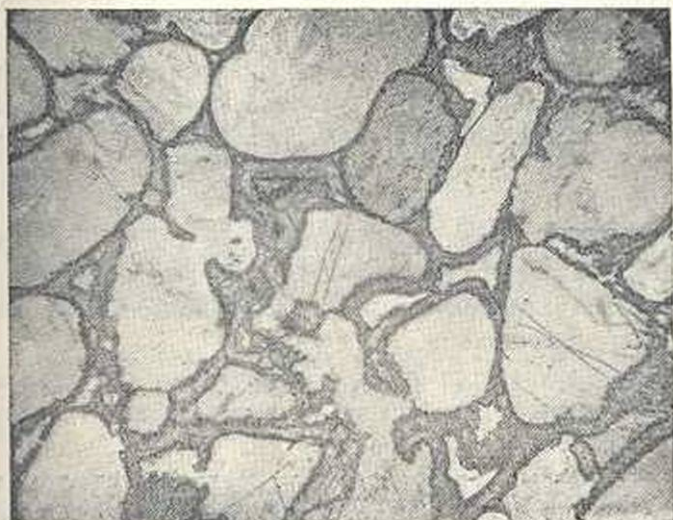
Фиг. 8. То же в скрещенных николях. Видна кристаллизация халцедонового цемента, окружающего зерна кварца. Цемент выполнения также халцедон.

Зерна кварца характеризуются обычно волнистым угасанием, и мельчайшими темнотами включениями газа и жидкости, которые иногда образуют цепочки, полосы или, часто, распределены беспорядочно.

В отдельных песчинках кварца под большим увеличением наблюдаются включения тонких иголок рутила, актинолита, зернышек

турмалина. Иногда в них можно встретить мельчайшие кристаллики или тонкую пыль рудного минерала, повидимому, магнетита. Природа зерен кварца, несомненно, первично магматогенная.

Цементирующий материал представлен почти целиком халцедоном, дающим крустификационные оболочки вокруг зерен кварца и



Фиг. 9. Микрофото шлифа кварцитовидного песчаника. Видны формы сочетания и очертания зерен кварца. Цемент соприкосновения и поровый. Увелич. 80, при одном николе.



Фиг. 10. То же в скрещенных николях. Виден халцедоновый цемент в виде крустификации вокруг зерен кварца и заполнения пор между ними.

выполняющим промежутки между ними. Благодаря структуре и природе цемента песчинки кварца крепко спаяны в монолитную массу, придающую породе высокую прочность.

Характерный для средней свиты кварцитовидный песчаник (фиг. 9 и 10) обладает под микроскопом псаммитовой структурой и массивной текстурой. Порода состоит на 85–90% из зерен кварца и на 10–15% из цементирующего их материала. Минералы — примеси в шлифах почти отсутствуют или встречаются единичными зернами. Зерна кварца большей частью угловато-окатанные и окатанные; в значительной части своей также угловаты. Величина зерен преимущественно 0,12–0,30 мм при подчиненном значении размеров 0,06–0,12 мм и 0,30–0,60 мм.

По природе включений и оптическим свойствам зерна кварца совершенно идентичны с предыдущими. Они располагаются довольно тесно, окружены халцедоновым цементом, выполняющим также промежутки между песчинками.

Халцедон развивается обычно вокруг зерен кварца в виде тонкой оболочки радиально-лучистого строения, давая типичную крустификационную структуру. В промежутках между зернами кварца он образует пучковидные, веерообразные радиально-лучистые выделения.

Наряду с отчетливо выраженным халцедоном часть цементирующего материала в проходящем свете окрашена в золотисто-желтый, буроватый, желтовато-бурый цвет, с заметно более низким чем халцедон светопреломлением. В скрещенных николях этот вид цемента обнаруживает на первый взгляд аморфное строение. Однако при внимательном наблюдении, даже при небольших увеличениях, выделяются в нем заметно двупреломляющие скелетные кристаллики халцедона, охватывающие нередко всю массу аморфного цемента.

Типичный для верхней свиты кварцевый песчаник серый с зеленоватым оттенком. Излом раковистый. По степени прочности, очевидно, несколько уступает кварцитовидным песчаникам нижней и средней свит. Порода обычно окружена коркой (толщиной 0,5–1,5 см) слабо сцементированного песчаника.

Под микроскопом (фиг. 11 и 12) порода сложена, в основном, из песчинок кварца, составляющих 60–70% породы и цементирующего материала — 30–35%. Заметно присутствуют в нем также зерна глауконита, рудного минерала, нередко аксессуарного калишита, реже дистена, рутила, турмалина, составляющих в сумме до 3–5% породы.

Цемент базальный, в котором песчинки кварца располагаются свободно, разрозненно и лишь местами ассоциируются более тесно, до примыкания друг к другу; распределен обычно неравномерно, (нередко) как-бы пятнами.

Зерна кварца представлены угловатыми и угловато-окатанными формами. Размеры большинства их варьируют от 0,1 до 0,25 мм. Подчиненную роль играют песчинки величиной 0,07–0,1 и 0,25–0,32 мм. Природа их и оптические свойства аналогичны таковым нижней и



Фиг. 11. Микрофото шлифа кварцевого песчаника. Видно свободное расположение песчинок кварца в цементе и их формы. Увелич. 80, при одном николе.



Фиг. 12. То же в скрещенных николях. Виден слабо раскристаллизованный, почти аморфный характер цемента.

верхней свит. В проходящем свете окраска цемента бурая, буровато-серая, зеленовато-бурая со светопреомлением значительно ниже канадского бальзама. Природа его заметно отличается от таковой цемента песчаников средней и базальной свит палеоцена. Напоминает железисто-кремнистый, загрязненный, вероятно, глиной и известью, материал. При скрещенных николях, в основном, он аморфен и лишь небольшая часть этой изотропной массы (10—20%) занята мелкими кристалликами кварца или халцедона.

В цементе породы нередко встречаются почковидные и круглые зерна глауконита, составляющего в отдельных случаях до 3% поверхности шлифа, часто наблюдаются также зерна рудного минерала (магнетита), содержание которого в некоторых шлифах колеблется от 0,5—1 до 2%. В виде аксессуаров присутствуют в шлифах в порядке количественного убывания: калишпат, турмалин, белая слюда, дистен, рутил. Последние 3—4 минерала часто встречаются спорадически.

Рассмотрение данных шлихового, минералогического и химического составов кварцитовидных песчаников палеоценовых отложений позволяет наметить следующие их особенности (в порядке последовательности от верхней свиты к нижней).

1. В шлихах: а) увеличивается, в общем, содержание минералов магнитной фракции: от 15 до 31,5%; б) возрастает количество минералов электромагнитной фракции: от 0,48 до 13,57%; в) уменьшается содержание минералов тяжелой фракции: от 0,68 до 0,008%; г) убывает количество минералов легкой фракции: от 83,7 до 60,7%.

2. В минералогическом составе: а) магнитная фракция представлена ожелезненными, близко неопределяемыми под микроскопом зернами, причем содержание магнетита обычно возрастает от редких зерен до 3,5%; б) в электромагнитной фракции постоянно присутствует турмалин (б. ч. 13—22%), ставролит (9,5—28,5%), рудные зерна (32—50%), гранат (2—4,5%); в) постоянными минералами тяжелой фракции являются: дистен (34—48%), силлиманит (21—44,5%), рутил (2,5—18,5%), циркон (2,5—10%); г) легкая фракция состоит почти полностью из зерен кварца (98,5—100%). В ней имеется постоянная примесь калишпата, от единичных зерен до 1,5%.

В таблице 2 даются результаты химических анализов песчаников в порядке, отвечающем их стратиграфическому положению от верхнего горизонта к нижнему.

Проба № 1 представляет кварцевые песчаники верхней свиты, №№ 2—7 характеризует кварцитовидные песчаники средней, а № 8 — песчаник нижней свиты.

Как видно из таблицы, пробы №№ 2—8 характеризуются большим сходством химического состава при незначительных отклонениях в содержании отдельных компонентов.

Проба № 1 по химическому составу значительно отличается от такового всех остальных проб, что вполне отвечает его петрографической характеристике. Содержание кремнезема в нем, по сравнению с таковым всех остальных семи проб, значительно ниже — 93,06%. За счет этого в нем наблюдается повышенное содержание железа, магния, кальция и возрастают потери при прокаливании.

В петрографо-минералогическом отношении такой химический состав пробы № 1 обусловлен: относительно повышенным количеством в породе цементирующего материала, содержащего, по видимому, некоторую примесь соединений железа и кальция, некоторым содер-

№№ п/п	Место взятия (уча- сток), абс. отметки	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO
1	„Маслово“, шурф № 72, отм. 358 м	93,06	0,05	1,89	0,96	не обн.
2	„Пасека“, шурф № 145, отм. 336,29 м	97,72	0,05	1,23	0,52	не обн.
3	„Белячиха“, карьер № 1, отм. 330,0 м	96,60	0,06	1,80	0,62	не обн.
4	„Черемшан“ (карьер), отм. 330,0 м	96,68	0,04	1,15	0,14	не обн.
5	„Пасека“, шурф № 155, отм. 328,07 м	96,55	0,06	1,07	0,30	не обн.
6	„Белячиха“, шурф № 96, отм. 324,8 м	97,74	следы	1,05	0,50	не обн.
7	„Маслово“, шурф № 56, отм. 319,90 м	96,24	не обн.	2,02	0,13	не обн.
8	„Маслово“, шурф № 53, отм. 310,53 м	96,84	не обн.	1,22	0,08	не обн.

Таблица 2

MgO	CaO	Na ₂ O+ +K ₂ O	SO ₃	Влага	ппп	Сумма
0,43	0,76	0,20	не опр.	0,80	2,40	100,53
следы	0,07	не обн.	следы	0,02	1,02	100,63
0,02	0,14	не обн.	следы	0,02	0,63	99,89
0,14	0,56	0,24	0,03	0,23	0,72	100,11
0,02	0,21	0,42	следы	не обн.	1,12	99,75
следы	0,10	не обн.	следы	0,03	1,06	100,48
0,29	0,21	0,19	не обн.	0,14	0,88	100,1
0,32	0,35	0,19	следы	0,32	0,72	100,04

жанием глауконита, являющегося, в основном, водным алюмосиликатом железа и магния.

При сопоставлении минералогического состава шлихов песков палеоценовых отложений с минералогическим составом искусственных шлихов песчаников этих же отложений выявляется большое их сходство. Оказывается они располагают почти совершенно одинаковой ассоциацией минеральных видов, в той или иной фракции шлиха.

Сопоставление результатов химических анализов этих же песков и песчаников показывает чрезвычайную близость также и в химическом их составе.

Об условиях образования палеоценовых отложений и генезисе подчиненных им песчаников

Анализ и обобщение изложенного выше фактического материала позволяет близко подойти к выяснению условий образования отложений палеоцена и осветить вопрос генезиса подчиненных им песчаников.

1. Палеоценовые отложения в Хвалынском районе формировались в условиях неглубокого моря, трансгредировавшего на размытую поверхность осадков верхнего мела. На это указывает: а) трансгрессивное налегание палеоценовой песчаной толщи на различные горизонты верхнего мела; б) наличие характерных для неглубокого морского бассейна пород палеоцена, представленных, в основном, мелкозернистыми и отчасти среднезернистыми песками с подчиненными им песчаниками, а также тонкими прослойками глины.

2. Резкая смена фаций в вертикальном направлении, выраженная в налегании песчаной толщи палеоцена на мягкий чистый мел маастрихта и указывающая на совершенно иные, сильно отличающиеся от верхнемеловых палеогеологические условия областей размыва и сноса песчаного материала.

3. Терригенный материал отложившийся в палеоценовом морском бассейне, до этого подвергался, по видимому, неоднократной сортировке и переотложению. На это указывают почти однородный, мономиктовый состав песков из магматогенного кварца и степень окатанности зерен кварца.

4. Наличие перемежающихся с кварцевыми песками тонких пропластков довольно однородной мягкой жирной глины, отложившейся в обстановке неритового морского водоема (при несколько неравномерном ее распределении в этой толще) вряд ли может быть обусловлено ритмичным колебанием дна моря. При этом чрезвычайно трудно допустить также столь частую периодическую смену областей размыва и сноса терригенного материала.

Логичнее объяснить это морскими течениями, при которых находящийся во взвешенном состоянии глинистый материал осаждался вслед за отложением песка в условиях затишья и, напротив, выносился за пределы неритовой зоны при возобновлении морских течений. По-

следними, повидимому, следует объяснить также наличие галек опоквидной породы, встречающихся иногда в песчаниках.

Присутствие в некоторых слоях песка небольшой примеси глины обусловлено, вероятно, ее осаждением в промежутки между затишем и возобновлением морских течений.

5. Попутно с поступлением в водный бассейн характерного для платформенных областей довольно однородного терригенного материала, в данном случае кварцевого песка, вероятно поступало значительное количество коллоидного, а также ионно-молекулярного кремнезема.

При благоприятных условиях температуры, давления, концентрации растворенных солей и величины рН в морской воде, по мере осаждения песка, выпадал из раствора кремнезем, вероятно, в виде коллоидного опала. Последний периодически процитывая осаждаемые слои песка выполнял промежутки между песчинками кварца, цементируя их в песчаник.

Таким образом, происходило окремнение песка в стадию раннего диагенеза.

В стадии позднего диагенеза, в результате старения гелей коллоидов, происходило постепенное превращение опалового кремнезема в халцедон, что привело к прочной цементации песков.

О таком происхождении генезиса песчаников свидетельствует установленное нами полное сходство минералогического и химического состава песчаников и вмещающих их песков, а также идентичный гранулометрический их состав и форма песчинок кварца, равно как и минералов примеси. Кроме того, на прокремнение песков в стадии раннего диагенеза указывает также то, что прослой глины, перекрывающие конкреции и линзы песчаника, обычно несколько повторяют их очертания в горизонтальном направлении.

6. Таким образом, в результате указанных периодически повторяющихся процессов прокремнения сопровождавших отложения новых слоев песка образовались на различных уровнях толщи палеоцена слои кварцитовидного песчаника, состоящие из пластообразных, линзоподобных тел или слоев с конкрециями.

Неравномерное распространение слоев песчаника обусловлено, вероятно, неравномерным выпадением коллоидного кремнезема. Обильное выпадение его из морской воды привело бы к образованию сплошных слоев песчаника. Подобная картина в миниатюре наблюдается очень часто, когда наряду с слоями, или разрозненно расположенными на одном уровне конкрециями, мы встречаем часто монолитные, пластообразные и линзоподобные тела песчаника.

7. При подобном более или менее равномерном чередовании песчаников и песков в преобладающей средней песчаной части толщи мы имеем несколько своеобразное распределение песчаника в ее нижней свите.

Здесь песчаник распространен преимущественно, или почти полностью, в виде конкреций с причудливыми формами при значительном

развитии в них ризолитовых включений. Это обстоятельство можно объяснить или сравнительно незначительным содержанием в воде дисперсного кремнезема в первый период трансгрессии моря, вследствие чего выпавший в только что образованном морском водоеме небольшое количество кремнезема едва образовало разрозненные конкреции; или адсорбцией значительной части выпавшего коллоидного кремнезема меловыми породами, слагавшими дно водоема в начальной стадии отложения осадков палеоцена. Возможна также совокупность указанных двух моментов.

Присутствие в конкрециях ризолитовых включений и часто наблюдающееся повторение конкрециями формы ризолитов говорит о том, что выпавший кремнезем, повидимому, хорошо осаждался вокруг корней (и стеблей) растений погребенных под отложениями песков и, вместе с последними, постепенно занимало пространство разлагавшейся флоры.

8. В более позднюю стадию, когда уже была оформлена толща палеоцена мощностью примерно в 55—60 м, в связи с погружением дна морского бассейна и изменением области сноса, состав терригенного материала несколько изменился: к нему примешивалось сравнительно большее количество глинистого материала. Одновременно значительно понизилась относительная концентрация в воде коллоидного кремнезема, возможно в связи с уменьшением количества поступающего в морской бассейн песка, а также удаления берега в связи с погружением дна моря.

В результате этого в верхней части палеоценовой толщи образуются песчаники, цементом которых является кремнистый материал загрязненный железистым глинистым веществом, глауконитом, рудными и др. минералами.

9. При описывании отложений палеоцена нами указывалось на заметное распространение водных окислов железа в песках, вследствие чего они окрашены в различных частях толщи в желтоватый, реже в буроватый цвета. Проникая по трещинам песчаников гидроокислы железа покрывали поверхность породы иногда буроватым налетом. Местами можно видеть густую полосчатую окраску песков желтоватыми и буроватыми окислами железа вокруг конкреций песчаников. Наряду с этим не наблюдается проникновения окраски в тело песчаника, за исключением ризолитовых включений, поверхность которых иногда окрашена желтоватыми и буроватыми окислами железа.

Все это указывает на то, что привнос водных окислов железа в пески палеоцена имел место, повидимому, значительно позже образования песчаников. Проникновение их обусловлено, по всей вероятности, атмосферными осадками, которые выщелачивая железистые соединения верхов палеоценовой толщи, проникала в нижележащие слои фильтруясь через пески и окрашивая их окислами железа, причем горизонтально-слоистая окраска песков, встречающаяся в различных горизонтах толщи, обусловлена, вероятно, периодическим опусканием

уровня подземных вод, зависящем от степени размыва палеоценовых отложений.

Такими представляются условия образования отложений палеоцена Хвалынского района и генезис подчиненных этим отложениям песчаников.

Следует наконец подчеркнуть, что освещение условий образования палеоценовых отложений Хвалынского района, выяснение характера распределения в них кварцитовидного песчаника и генезис последнего, позволяют целеустремленно и правильно ориентировать дальнейшие геолого-поисковые и разведочные работы с целью выявления новых месторождений столь необходимого для районов Нижнего Поволжья высокопрочного камня.

Выведенные в результате анализа и обобщения собранного авторами большого фактического материала закономерности распределения в палеоценовых отложениях кварцитовидного песчаника не только позволили им выявить крупные месторождения указанного высокопрочного камня в южной части Хвалынского массива, но и открыли широкие перспективы для дальнейшего выявления крупных запасов кварцитовидного песчаника в других участках развития отложений палеоцена в Хвалынском районе.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступило 5 VII 1954

Գ. Պ. Բաղդասարյան, Ա. Տ. Վեհուցի

ՎՈԼԳԱ ԳԵՏԻ ԱԶ ԱՓԻ ԽՎԱԼԻՆՍԿԻ ՇՐՋԱՆԻ ՊԱԼԵՈՑԵՆՅԱՆ ՆՍՏՎԱԾՔՆԵՐԻ ԱՌԱՋԱՑՄԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԻ ԵՎ ԼԻՅՈՂՈՂԻԱՅԻ ՄԱՍԻՆ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Վոլգա գետի աջ ափի Խվալինսկի շրջանում 1952 թվականին հալածաբաժնի փաստական նյութի մշակման հիման վրա հողվածում տրվում է շրջանի պալեոցենյան ապարների մանրամասն կտրվածքը, բաժանելով այն երեք լիթոլոգիական բնորոշ շերտախմբերի՝

- ա) ստորին կամ հիմքային շերտախումբ,
- բ) միջին կամ արդյունավետ շերտախումբ,
- գ) վերին կամ կվարցային ավազաքարերի շերտախումբ:

Ապացուցվում է կվարցային ավազների և նրանցում պարփակված կվարցիտանման ավազաքարերի նյութական կազմի նույնությունը: Այս և մի շարք այլ փաստերի հիման վրա տրվում են ամբողջ պալեոցենյան հաստվածքի առաջացման պայմանները: Ըստ հեղինակների, հաստվածքն առաջացել է ոչ խորը ծովային պայմաններում փոփոխական հոսանքների առկայության: Կվարցիտանման ավազաքարերն առաջացել են SiO_2 կոլոյդները առանձին կոզյակներով ավազանների մեջ ներթափանցելու և ապա գիպենեղի ենթարկվելու հետևանքով:

ПЕТРОГРАФИЯ

С. И. Баласанян

Шаровые габбро Геджалинского хребта в Армении

В центральной части Армении, у подножья юго-западного склона Геджалинского хребта, обнажается небольшой интрузив, основного состава, занимающий площадь 0,7 кв. км. Впервые этот интрузив и подчиненные им шаровые габбро описаны В. Н. Котляром [2, 3], а затем и Г. П. Багдасаряном [1].

Интрузив прорывает нижние горизонты вулканической толщи среднего воцена, чем и определяется его после-среднеэоценовый возраст. Конфигурация его почти изометричная с небольшими выступами и вогнутостями. Интрузив в южной и западной частях контактирует с порфириновыми туфами и туффитами. Восточные и северные контакты интрузива с Геджалинскими гранитоидными породами скрыты под наносами. Однако местами отмечается контактовое воздействие гранитоидного интрузива на основные породы.

Доступные наблюдению контакты интрузива с прорываемыми им породами являются пирогенными, резкими, изменчивыми и извилистыми, осложняющими его конфигурацию. Интрузив местами прорывает апофизы гранитоидных пород, чем и устанавливается его более раннее внедрение. При этом апофизы и контактирующие с ними породы в той или иной мере гидротермально изменены. В строении рассматриваемого интрузива принимают участие крупнокристаллические габбро-пироксениты, мелкозернистые, полосатые и шаровые габбро. Внутри интрузива наблюдается определенное пространственное распределение этих разновидностей. Первая из них, пользующаяся наиболее широким распространением, составляет широтную осевую полосу интрузива.

Значительно распространенные мелкозернистые габбро, отдельными полосами невыдержанной мощности, простираются по северной и южной периферии габбро-пироксенитов. Контакт между габбро-пироксенитами и мелкозернистыми габбро резкий.

Полосатые габбро, имеющие небольшое развитие, приурочены к северо-восточной и юго-западной перифериям интрузива. В них направление полосчатости параллельно соседним контактам. В. Н. Котляр [3] рассматривает полосчатость габбро как следствие тех сдавливающих напряжений, которые имели место во время кристаллизации магмы.

Шаровые габбро, в виде небольшой полосы (мощностью 15—17 м) слагают северо-восточную часть интрузива. Они прорывают крупнокристаллические габбро-пироксениты, а все эти разновидности пересекаются жилой мелкозернистых габбро. Это обстоятельство позволило В. Н. Котляру предполагать, что в связи с имевшими неоднократными тектоническими подвижками, вторжение основной магмы было пульсирующим. Шаровые габбро представлены темносерыми породами с отчетливо выделяющимися овоидами, заключенными в мелкозернистой основной массе. Мелкозернистая, довольно равномерно-зернистая масса является как бы цементирующим материалом овоидов шарообразной формы, причем последние занимают много больший объем, чем промежуточная мелкозернистая масса. Размер овоидов колеблется в широких пределах от 1,5 до 20 см. Их средние размеры составляют 3—4 см. Если исключить темноцветное ядро, то овоиды состоят из двух темноцветных и двух светлых концентрических зон, мощность которых с центра к периферии заметно уменьшается. Нередко последние две концентрические зоны отсутствуют. Отмечаются также овоиды, почти целиком состоящие либо из плагиоклаза, либо из темноцветных минералов.

Таким образом, овоиды характеризуются чередующимися концентрическими разноцветными зонами, в которых минералы имеют радиально-лучистое сложение. Они имеют сложную концентрически-сфероидальную структуру.

Разноцветные зоны образуются вследствие преобладания в них то темноцветных минералов (пироксена и роговой обманки), то плагиоклаза.

В минералогическом составе овоидов принимают участие следующие компоненты: плагиоклаз, моноклинный пироксен, роговая обманка, небольшое количество биотита, магнетита и вторичных образований.

Плагиоклаз в среднем составляет около 65% поверхности шлифа. Многочисленные измерения по методам Е. С. Федорова и А. Н. Заварицкого показали, что плагиоклаз относится к битовнику. Ниже приводится результат измерения шлифа № 654

По методу Е. С. Федорова:

$$\begin{array}{l} \text{p(D)} \begin{cases} \text{Ng} = 46^\circ \\ \text{Nm} = 63^\circ \\ \text{Np} = 54^\circ \end{cases} \quad \text{№ 74} \end{array}$$

По методу А. Н. Заварицкого:

$$\begin{array}{l} A \parallel \text{Ng} \\ \varphi = 18^\circ \quad \text{№ 73} \\ \lambda p = 64^\circ \end{array}$$

Большей частью плагиоклаз образует удлиненные, в двух концах суживающиеся линзообразные кристаллы длиной до 4—6 мм. Они

имеют радиально-лучистое расположение (фиг. 1) и не доходят до непосредственного ядра овоидов. В ядре иногда отмечаются более мелкие призматические и таблитчатые зерна плагиоклаза, также имеющие радиальную вытянутость. Помимо полисинтетических двойников по альбитовому закону, нередко также комбинированные двойники по альбитовому и периклиновому законам одновременно. У удлиненных крупных кристаллов полисинтетические двойники расположены почти перпендикулярно к удлинению.

По описанию В. Н. Котляра [3] они располагаются под углом, близким к 45° к удлинению кристаллов. В основном плагиоклаз и пироксен обладают одинаковой степенью идиоморфизма, реже первый несколько идиоморфен по отношению ко второму.



Фиг. 1. Николы скрещены. Увелич. 16.

Моноклинный пироксен составляет около 33% всей площади шлифа.

$$2v = (+) 62^\circ; \quad Ng - Np = 0,026; \quad C : Ng = 52^\circ.$$

В ядре овоидов он представлен крупными зернами неправильной формы, размером 4,6 мм. Нередко прорастается тонкими иголочками рудного минерала и пойкилитовыми вростками плагиоклаза, количество которых от периферии к центру овоидов заметно увеличивается. Пироксен в средних зонах образует радиально-расположенные, выклинивающиеся к периферии овоидов кристаллы величиной до 8 мм. Иногда в интерстициях плагиоклаза наблюдаются плотно прилегающие мелкие изометричные зерна пироксена, которые образуют к центру овоидов перпендикулярно расположенные отдельные ряды.

Роговая обманка присутствует в небольшом количестве. Она также обладает радиальной вытянутостью и ксеноморфна по отношению к пироксену и плагиоклазу. Роговая обманка может быть охарактеризована следующими оптическими свойствами:

$$C : Ng = 18^\circ; \quad Ng - Np = 0,019.$$

Характер плеохроизма:

- по Ng — зеленый, бледнозеленовато-синий,
- по Nm — зеленовато-желтый,
- по Np — бледножелтоватый.

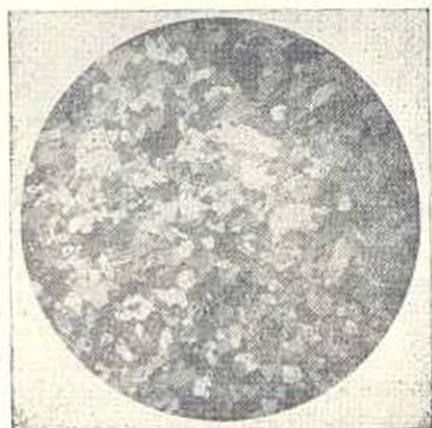
Схема абсорбции обычна: $Ng > Nm > Np$.

Биотит присутствует в ничтожном количестве, в виде неправильных зерен, достигающих десятых долей миллиметра. Угасание прямое, двупреломление $Ng - Np = 0,036$, плеохроизм резкий:

по Ng, Nm — коричневый,
по Nr — светлокори́чевый.

Схема абсорбции: $Ng = Nm > Nr$.

Цемент шаровых габбро представляет собой мелкозернистую, равномернозернистую меланократовую массу. Минералогический состав представлен теми же компонентами. Однако иногда роговая обманка и биотит отсутствуют. Плагноклаз и пироксен в отличие от таковых ооидов обладают правильными кристаллографическими очертаниями. Структура цемента типично габбровая (фиг. 2). Плагноклаз —



Фиг. 2. Николи скрещены. Увелич. 16.

присутствует в виде отчетливо очерченных короткопризматических и таблитчатых кристаллов, диаметром 0,3—0,4 мм, составляя в среднем 60% всей массы цемента. От плагноклаза ооидов он отличается меньшей основностью и правильными контурами ограничения. Измерение шлифа № 654 показало:

по методу Е. С. Федорова:

$$\begin{array}{l} p(D) \left\{ \begin{array}{l} Ng = 47^\circ \\ Nm = 53^\circ \\ Nr = 67^\circ \end{array} \right. \quad \text{№ 66.} \end{array}$$

по методу А. Н. Заварицкого:

$$\begin{array}{l} A \parallel Ng \\ \varphi = 16^\circ \quad \text{№ 63} \\ \lambda p = 58^\circ \end{array}$$

Моноклинный пироксен присутствует в количестве от 35 до 40%.

$$2v = (+) 56^\circ; \quad C: Ng = 47^\circ; \quad Ng - Nr = 0,024 \text{ (авгит).}$$

Он представлен изометричными и короткопризматическими кристаллами, достигающими 0,3—0,4 мм в диаметре. Трещины спайности по призме выражены четко. Иногда отмечаются двойникованные кристаллы. Редко прорастается пойкилитовыми вростками плагноклаза.

Для химической характеристики шаровых габбро в табл. 1 приводятся результаты анализов, как шаровых габбро (№ 3), так и габбро-пироксенитов (№ 1) и среднезернистых габбро (№ 2). В табл. 2 приводятся соответственно-вычисленные числовые характеристики по А. Н. Заварицкому.

Анализ № 1 произведен А. А. Петросян, № 3 — С. А. Дехтрикян, а № 2, произведенный М. Селютиной, заимствуем у В. Н. Котляра.

Все эти породы принадлежат к нормальному ряду (в понимании Заварицкого). Они характеризуются малым, по сравнению с аналогичными породами среднего состава, содержанием щелочей. Породы

Таблица 1

№ об- р. п.	Название пород	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	mm	H ₂ O
279	Габбро-пироксенит	44,46	0,28	14,06	5,80	7,76	0,09	12,72	11,83	0,45	0,59	2,42	0,14
3096	Среднезерн. габбро	46,05	1,01	11,75	5,42	7,81	0,10	10,75	14,09	0,36	0,43	0,17	1,37
654	Шаровое габбро	48,24	0,27	18,30	6,09	3,13	0,05	7,22	16,77	0,35	0,11	0,41	—

Таблица 2

a	c	b	S	f'	m'	c'	n
1,7	8,3	39,5	50,5	31	54	15	54
2,6	5,0	41,0	51,4	29,6	44,4	26,0	76
1,0	12,2	29,9	56,9	28,0	42,4	29,8	83

№№ 1 и 2 по числовым характеристикам можно отнести к промежуточным типам между пироксенитами и габбро. Однако они от последнего отличаются низким содержанием глинозема и высоким содержанием извести и закиси железа.

Шаровые габбро (№ 3) характеризуются сравнительно большим содержанием кремнезема, глинозема и значительно меньшим содержанием щелочей. Относительное содержание щелочей у них почти в восемь раз меньше, чем у габбросреднего состава. Шаровые габбро по числовым характеристикам А. Н. Заварицкого близко стоят к авгитам Исполиновых и Изерских гор Чешско-Силезской вулканической дуги.

Как известно, происхождение шаровых габбро пока не разъяснено и относится к трудно разрешимым вопросам петрогенезиса. Некоторыми исследователями были предложены различные объяснения образования этих пород.

Согласно Ф. Ю. Левинсон-Лессингу [4, 5] шаровая структура получается за счет ксенолитов, причем ксенолитами могут быть либо обломки посторонних пород, либо обломки пород более ранней порции той же магмы, уже застывшей и разломанной новой порцией этой магмы. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг отметил, что в последнем случае количественно-минералогический состав центральных ядер шара и промежуточной между шарами массы тождественны.

Седегорльм [6], изучая шаровые текстуры гранитов и рапакивы Финляндии, пришел к выводу, что сферонды возникают при кристаллизации вязкой магмы вследствие последовательного выделения минералов вокруг центра ядер.

По мнению Эсколя [7] сферонды возникают из материнской магмы благодаря диффузии и конкреционной кристаллизации.

По данным В. Н. Котляра [2], Белянкин и Петров происхождение шаровых текстур гранитов Финляндии (Кангаснеми) объясняют усиленными контактными явлениями с регенерацией гранита под влия-

нием газовых эманаций при неодинаковой плавкости разных элементов гранита.

Белянкин и Петров констатировали для шаровых гранитов Финляндии близость состава ядра овоидов и промежуточной массы.

В. Н. Котляр [2, 3], изучавший шаровые габбро рассматриваемого нами Лермонтовского (Воскресенского) интрузива, происхождение концентрических зон овоидов объясняет не только влиянием газовых эманаций, но также и конкреционной кристаллизацией.

Внедрение основных магм происходило здесь в течение более или менее длительного времени, на что указывает взаимные отношения отдельных разновидностей пород Лермонтовского интрузива. Близкий петрографический и химический состав последовательно внедрившихся основных пород, позволяет предполагать, что шаровые габбро генетически связаны с материнской магмой. Одинаковый петрографический состав овоидов и промежуточной между овоидами массы говорит о том, что они образовались из одной и той же порции магмы.

В рассматриваемом нами случае шаровая текстура габбро обусловлена, вероятно, уменьшением объема внедрившейся порции магмы при ее остывании.

Поскольку уменьшение объема является очевидным фактом и выражается расчленением массива на отдельные блоки большей или меньшей величины по всему его объему, а процесс остывания подчиняется обычным энергетическим законам, то эти блоки в зависимости от механических (тектонических) условий среды остывания, вязкости и состава расплава должны иметь более или менее определенные геометрические формы. Согласно принципу минимума энергии в затвердевающих гомогенных массах образуются такие системы блоков (отдельностей), которые при минимальной поверхности блока вмещают максимальный объем вещества.

Как известно, такими экономными геометрическими формами являются сфера и гексагональная призма. Для излившихся и гипабиссальных пород характерна во многих случаях гексагональная отдельность особенно в тех местах, где максимальная мощность потока лавы. Многочисленные примеры этому дают лавовые потоки в древних речных долинах и иногда туфы игнибритового типа.

В рассматриваемом нами случае шаровых габбро мы имеем дело с наиболее экономной сфероидальной формой отдельностей, что в отличие от гексагональной отдельности, характерной чаще для излившихся пород, затвердевающих в условиях гидростатического равновесия, может объясняться, при прочих равных условиях, наложением на процесс затвердевания вязкого расплава, направленных тектонических сил. Повидимому, в образовании концентрических разноцветных зон значительную роль играла фракционная дифференциация, происходившая в описанных сфероидах.

Ереванский государственный университет
им. В. М. Молотова

Поступило 27 XII 1954

Ս. Ի. Բալասանյան

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԳԵՋԱԼԻԻ ԼԵՈՆԱՇՆԹԱՅԻ ԳՆԴԱՅԻՆ ԳԱՐՐՐՈՆԵՐԸ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հայաստանի կենտրոնական մասում, Գեջալիի լեռնաշղթայի հարավ-արևմտյան լանջի ստորոտում մերկանում է հիմքային կազմի մի փոքր խարուզի, որի հետ կապված են բնության մեջ հաղվադյուռ հանդիպող գնդային գարրոնները: Այդ խարուզիայի կառուցվածքում, բացի գնդային գարրոններից, մասնակցում են նաև խոշորահատիկ գարրո-պիրոքսենիտներ և մանրահատիկ գարրոններ, որոնք բնորոշվում են կտրուկ փոխանցումներով և խարուզիայի ներսում օրինաչափ տարածական տեղաբաշխումով: Նշված տարրերակների փոխարարերություն հիման վրա հաստատված է, որ նրանք առաջացել են որոշ հաջորդականությունամբ և օժտված են քիմիական մոտիկ առանձնահատկություներով:

Գնդային գարրոնները իրենցից ներկայացնում են մուգ-մոխրագույն ազարներ՝ գնդերի ցախուն անջատումներով: Գնդերի ներքին կառուցվածքը բնորոշվում է նրանով, որ ապար կազմող միներալներն ունեն առգիալ-նոստադային դասավորություն: Գնդերը և միջանկյալ մանրահատիկ մասսան ունեն միատեսակ միներալոգիական կազմ, ընդ որում երկու տեղերում էլ գերակշռող են հանդիսանում մոնոկլինային պիրոքսենը և հիմքային պլագիոկլազը:

Գնդային գարրոնների ծաղումը գեոլոգի պարզարանված չէ և պետք է գնդերի գծավորվածքի հարցերից է: Այդ ապարների առաջացման վերաբերյալ մի շարք դիտնականներ տվել են տարրեր մեկնարանություններ: Ուսումնասիրելով քննարկվող գնդային գարրոնները, հեղինակը հանգում է հետևյալ ենթադրություններին՝

1. Գնդային գարրոնները առաջացել են այն մայր մագմայից, որից առաջացել են նաև մյուս հիմքային ապարների տարրերակները:

2. Գնդային ձևերն առաջացել են հիպոնոստատիկ ճնշման պայմաններում՝ մածուցիկ մագմայի ծավալի կրճատման հետևանքով, որպես ամենախնայատու երկրաչափական ձևեր:

3. Գնդերի ներքին կառուցվածքի առաջացման մեջ զգալի դեր է խաղացել նաև ֆրակցիոն դիֆերենցիացիան:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Багдасарян Г. П. О механизме внедрения и этапах формирования Тежсарской щелочной интрузии в Армении. Изв. АН Армянской ССР, 1950.
2. Котлярь В. Н. О шаровых габбро у с. Воскресенска Армянской ССР, ДАН СССР, том XLIX, № 9, 1945.
3. Котлярь В. Н. Памбакский комплекс щелочных пород. Изв. АН СССР, сер. геол., № 2, 1945.
4. Ленинсон-Лессинг Ф. Ю. и Воробьева О. А. К вопросу о шаровых структурах изверженных пород. ДАН, 1929.
5. Ленинсон-Лессинг Ф. Ю. Петрография. Гос. изд., геол. лит. Изд. 5, 1940.
6. Sederholm I. I. Bull. de la commission Geol. de Finlande, № 88, 1928.
7. Escola Pentti. The Journ. of Geol., V, XLVI, № 3, 1938.

ГЕОЛОГИЯ

Л. В. Когошвили

Верхнемеловые отложения в верховьях рек Сейдлара
и Урумбосара

Летом 1952 года нам представилась возможность провести геологические наблюдения к северо-востоку от озера Севан в приграничных частях Армении и Азербайджана, в верховьях рек Сейдлара и Урумбосара. В этой статье мы главным образом останавливаемся на геологическом строении этого района и стратиграфии верхнемеловых отложений.

Район, ограниченный с севера р. Сейдлар и с юга р. Урумбосар, в основном складывается интрузивной офиолитовой формацией, прорвавшей вулканогенно-осадочную толщу. Последняя сохранилась в интрузивном массиве в виде более или менее крупных островков и ксенолитов, вытянутых в широтном и близком ему направлениях. Из северной периферии района вулканогенно-осадочные породы составляют левый склон долины Сейдлара (верхнюю его часть), переходя на правый берег реки южнее горы Кепюр. В южной части района обрывки этих отложений вытянуты от перевала Зод к юго-западу. Будучи распространены в северной части района в возвышенных частях рельефа на южной периферии, они гипсометрически спускаются значительно ниже и здесь по берегу долины Тахта-су вместе с прорвавшими их изверженными породами скрываются под трансгрессивной терригенно-карбонатной свитой, наиболее молодой из меловых отложений района.

Замеры залегания, которые удалось произвести, показали северное падение для северной группы останцев и южное для южных. Это позволяет говорить о внедрении офиолитов в антиклинальную структуру, сложенную вулканогенно-осадочными образованиями.

В состав вулканогенно-осадочной толщи района входят известняки, мергели, песчаники (кварцевые, граувакковые), конгломераты, брекчии и пластующиеся с диабазами и порфиритами и их пирокластическими образованиями.

В окрестностях перевала Зод вулканогенно-осадочный комплекс представлен в нижней части кремнистыми известняками и кремнями пестрой, желтовато-коричневой и дымчатой окраски, иногда с обложочной текстурой, и красными и розовыми пелитоморфными известняками с отпечатками неопределимых пектенид, по своей окраске напоминающими туронские (к которым они долгое время причислялись). Выше следует чередование диабазов, диабазовых туфов, туфоконгло-

мератов, песчаников и миндалекаменных порфиритов с ксенолитами известняка.

Подобный разрез или отдельные его части более или менее полно повторяется и в других останцах вулканогенно-осадочной толщи в офиолитовом массиве, в зависимости от степени их проплавления последним.

Ниже приводится петрографическое описание наиболее характерных пород описываемой толщи.

Красный известняк имеет мелкозернистую, реже кристолитическую структуру. В первом случае карбонат образует изометрические кристаллы, промежутки между которыми заполнены лимонитом. Порода прорезается прожилками кварца и кальцита. Иногда кварц участвует в породе в виде мелких зерен и алевритовых частиц. Встречается рудный минерал в виде сферолитов.

Местами карбонат значительно окварцован, например, на правом берегу Сейдлара, где кварц образует мелкие прожилки и скопления мелких кристаллов. В кристаллах карбоната имеется примесь мелких зерен рудного минерала. Породы в некоторой мере обогащены и глинистыми частицами.

Туфопесчаник состоит из обломков диабазов, порфиритов, кусков основной массы гнаупилитовой структуры, округлых обломков кварцита, кварца и плагиоклаза, иногда пироксена. Цемент пелитовый с карбонатом и хлоритом.

Кварцевый песчаник в шлифе состоит из преобладающего количества обломков кварца. В меньшем количестве встречаются обломки плагиоклаза, чешуйки мусковита и хлорита, редко обломки основных эффузивных пород, участвует рудный минерал и единичные зерна апатита и циркона.

Граувакковый песчаник отличается преобладанием хорошо окатанных обломков основных эффузивов (диабазов и порфиритов), значительно хлоритизированных и сосюритизированных; в меньшем количестве в нем встречаются обломки кварца и эпидота; встречаются также чешуйки хлорита и биотита, зерна карбонатных и рудных минералов. Цемент карбонатно-хлоритовый с примесью пелито-алевритовых частиц.

Брекчия состоит из обломков пелитовых и измененных основных порфиритовых пород. Встречаются обломки кварца. Цемент карбонатный.

Иногда встречаются вулканические брекчии в сложении которых принимают участие песчаник, кварцит, кварц, плагиоклаз. Цементирует измененная лава. В цементе присутствуют серицит и хлорит.

В толщу вулканогенно-осадочных отложений почти повсеместно в виде крупных и мелких глыб включены мраморизованные рифовые известняки. На левом берегу Сейлара их выходы выделяются среди темных пород в виде белых скал. Почти все они занимают один уровень по склону, что указывает на приуроченность их к од-

ному стратиграфическому горизонту. Ряд подобных останцев виден и у Зодского перевала, откуда они спускаются к юго-западу в долину Тахта-су.

Фауны в останцах известняка не удалось найти, только однажды вблизи перевала Зод была встречена бокаловидная форма, напоминающая рудист.

В шлифе известняк состоит из мелких кристаллов карбоната, органического детритуса, пелитового вещества и хлорита. Остатки организмов являются центрами сгущения пелитового материала.

Прорывая и оплавливая вулканогенно-осадочную толщу, офиолитовый интрузив умеренно изменяет ее в контакте, образуя неширокие зоны озмеевикования, хлоритизации и реже пренитизации.

Обычно наблюдается дробление и рассланцевание этих пород в стыке с интрузивом. Более интенсивному рассланцеванию вулканогенно-осадочные породы подвергаются вдоль тектонических нарушений по правому берегу Сейдлара. Это рассланцевание происходило главным образом в широтном направлении, соответствуя основным нарушениям надвигового типа, пересекающим интрузивный массив и оплавленные им останцы вулканогенно-осадочных пород. Наиболее часто отмечающиеся элементы сланцеватости:

а₃. Падение $0-10^\circ < 15-25^\circ$.

К более поздним нарушениям уже секущим сланцеватость относятся крутые меридиональные разрывы, вызвавшие смещение полосы нижнесантонских отложений и отразившиеся в рельефе долины реки Сейдлар.

Вся эта зона тектонических смещений явилась ареной интенсивных вторичных изменений вулканогенно-осадочной толщи и прорвавших ее интрузивных пород.

Вулканогенно-осадочная свита исследуемого района, как и син-эрионические образования присеванской зоны, по своему составу аналогична вулканогенно-осадочным образованиям юго-западной части Нагорного Карабаха и южного Курдистана, возраст которых В. П. Ренгартемом (1938—1940 гг.) и В. Л. Славным (1945 г.) был фаунистически определен как сантон [3, 4, 5, 6].

В нашем районе повидимому распространены низы этой толщи — нижний сантон — с преобладанием вулканогенно-кластических образований с ксенолитами известняка.

Верхний сантон, представленный на восточном берегу Севана конгломератами (в основании), песчаниками и песчанистыми известняками с сантонской фауной, переходящими выше в верхнесантонские известняки [8], в исследуемом районе отсутствует. Возможно, его низы обнажаются в верховьях правого притока Сейдлара, у Зодского перевала, в виде конгломерата с крупными скатанными обломками офиолитов и известняков с пелитохлоритовым цементом, залегающего стратиграфически выше пачки вулканогенно-осадочных пород нижнего сантона.

Как уже было сказано, нижний сантон с прорывающими его офиолитами трансгрессивно перекрыт в южной части исследованного района терригенно-карбонатной свитой. Выходы ее дугообразно тянутся на левом берегу Урумбосара, переходя западнее на правый его берег. Слои падают на юг и юго-запад (под углом 40° — в западной и 50° — в восточной части района), образуя южное крыло антиклинали, сложенной сантоном.

Особенно хорошо разрез терригенно-карбонатной свиты представлен по правому берегу Урумбосара, вблизи устья его крупного правого притока. Здесь на серпентинизированных габбро-диабазовых офиолитового массива залегает базальный конгломерат мощностью около десяти метров. Состоит он из мелкой (0,5—1,0 см, редко 2 см) гальки диабазового туфа, измененного диабазового известняка, кремня, мергеля. Цементом служит зеленый песчаник, местами карбонат. Выше идет песчаный глауконитовый известняк, мощностью менее одного метра, затем розовый плитчатый мергелистый известняк (~1 м), с обломками белемнителл и большим количеством острий. Еще выше залегают белые мергели, в нижней части — песчаные с отдельными зернами глауконита и иногда с зелеными галечками. По отдельностям мергели разделены сидеритовыми корочками или включают неправильной формы охристые примазки. Видимая мощность их 3—5 м. Мергели содержат большое количество иноцерам и ежей: крупные иноцерамы сосредоточены примерно в средней части этого горизонта.

Из собранной здесь фауны А. Цагарели определены следующие формы, относимые им к маастрихту:

1. *Inoceramus* cf. *pertenuis* Meek.
2. *Parapachydiscus* cf. *gollevillensis* d'Orb.
3. *Inoceramus* *regularis* d'Orb.
4. *Endocostaea* *impressa* d'Orb.
5. *Inoceramus* *balticus* Böhm.
6. *Inoceramus* cf. *salisburgensis* Tugget Kastrn.
7. *Inoceramus* cf. *balticus* Böhm.
8. *Parapachydiscus* *gollevillensis* d'Orb.
9. *Diplomoceras* cf. *cylindraceus* Defr.

После перерыва в обнажении, вверх по склону выходит пачка однообразных плотных, кремового цвета мергелей, лишенных фауны. В них довольно часто встречаются лишь небольшие плоские ядра, напоминающие формой ежей-корастеров.

Аналогичная толща мергелей с конгломератом в основании вскрыта по простиранию к юго-востоку от вышеописанных отложений. Эта толща ложится на габбро-ниты и обнажена по левому берегу Урумбосара в выемке дороги. Видимая мощность отложений здесь около 200 м. В этих отложениях также встречаются плохо сохранившиеся, деформированные ядра ежей и иноцерамы.

Далее на восток по простиранию свиты опять встречаются выходы мергелей по обоим склонам долины Тахта-су. В отличие от вы-

описанных они имеют более густой кремовый оттенок и более часто содержат примазки и неправильной формы включения сидерита. В них часто можно встретить ежей и иноцерамов, имеющих облик вышеописанных, но меньшего размера. Обращает внимание обилие пластинок панцирей ехинокорисов, иногда достигающих крупных размеров.

Мергели залегают с угловым несогласием на вулканогенной толще нижнего сантона, но непосредственный контакт между ними не вскрыт.

Разрез терригенно-карбонатной свиты по левому берегу развилка правого притока Урумбосара в некоторой степени отличается от вышеприведенных разрезов по составу карбонатной толщи. Здесь наблюдается следующая картина: склон слагают мелко-кристаллические плагиоклазовые пироксениты, переходящие в краевой части — у контакта с трансгрессивной толщей в габбро-диабазы. На поверхности последних в верхней части склона залегают, полностью сходный с ранее описанным, конгломерат мощностью около 10 м. Выше идет пачка чередующихся серых известняков и зеленых глауконитовых песчаников. В основании этой пачки часто встречается послойно расположенная мелкая зеленая галечка. Выше по склону известняки обогащаются пелитовым материалом. Видимая мощность пачки известняков около 35 м.

Известняки содержат плохо сохранившиеся ядра пелиципод и реже теребратул.

Отсюда терригенно-карбонатная свита протягивается на запад на побережье озера Севан. Там, А. В. Потеряхиной (1952 г.) в базальном конгломерате этой толщи отмечалось присутствие обломков ультрабазитов. Размер гальки в этом направлении увеличивается.

В присеванской зоне и к западу от нее выделение маастрихта из верхнесенонских отложений, судя по литературным данным, делается условно, ввиду отсутствия руководящей фауны и четких границ. Приведенные нами разрезы дают возможность более точного установления маастрихтского яруса для этой зоны.

Кроме того они позволяют сделать вывод о трансгрессивном характере маастрихта, вполне согласующийся с данными по соседним областям [5, 8].

С другой стороны решается и вопрос о возрасте офиолитовой интрузии, который в противоположность существовавшему мнению [2, 7], должен быть для этого района понижен с верхнего эоцена до верхнего мела.

Этим подтверждаются также наблюдения Л. Н. Леонтьева и В. Е. Ханна в бассейне рек Тертера (севернее хребта Мыхтоян) и Акеры [1].

Вышеприведенные данные о составе базального конгломерата маастрихтского яруса указывают на образование его за счет подстилающей вулканогенно-осадочной толщи нижнего сантона. Но базальный конгломерат в большинстве случаев ложится на офиолиты, обломки которых в верховьях Сейдлара и Урумбосара в нем не встре-

чаются. Это обстоятельство не может повлиять на вывод о возрасте офиолитовой формации района. Оно лишь требует объяснения условий размытия отложений в маастрихтское время. В частности, здесь может играть роль состав размываемых образований, рельеф поверхности массива и т. д. Нам представляется, что на этот вопрос можно ответить, изучив изменение базального конгломерата этого района на запад, где в его составе появляются обломки офиолитовых пород.

Поступило 26 II 1956

Լ. Վ. Կոգոշվիլի

ՍԵՅԴԼԱՐ ԵՎ ՈՒՐՈՒՄԲՈՍԱՐ ԳԵՏԵՐԻ ՎԵՐԻՆ ՀՈՍԱՆՔՆԵՐԻ ՎԵՐԻՆ ԿԱՎՃԻ ՆՍՏՎԱԾՔՆԵՐԸ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

1952 թվականին հեղինակը երկրաբանական ուսումնասիրություններ է կատարել Սևանա լճից հյուսիս-արևելք ընկած շրջանում, Սեյդար և Ուրումբոսար գետերի վերին հոսանքներում:

Ստացված են նոր տվյալներ՝ հատկապես կավձի նստվածքների երկրաբանական կտրվածքներում հայտնաբերվել է Մասսորիխտի ֆաունա, որի հիման վրա հաստատվում է վերին կավձի նստվածքների մի մասի հասակը որպես Մասսորիխտ: Բացի այդ, որոշվում է օֆիոլիտային ինտրուզիայի հասակը, որը մինչև վերջերս ընդունված էր որպես վերին էոցենյան, իսկ այժմ իջնում է մինչև վերին կավձի — քանի որ օֆիոլիտային ինտրուզիան չի հատում վերին կավձի — Մասսորիխտի նստվածքներին և ինտրուզիայի գլխավորը հայտնաբերվել են Մասսորիխտի կոնգլամերատներում զեպի արևմուտք ընկած շրջաններում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Леонтьев Л. Н. и Хаин В. Е. Верхнемеловые гипербазиты и офиолитовая формация на Малом Кавказе. ДАН СССР, 65, № 1, 1949.
2. Паффенгольц К. Н. Геологический очерк Армянской ССР. Междунар. Геол. Конгр. 17-ая сессия Эск. по Кавказу, ОНТИ, 1937.
3. Ренгартен В. П. Новые данные по стратиграфии меловых отложений Восточ. Закавказья, ДАН СССР, 29, № 5—6, 1940.
4. Ренгартен В. П. О вулканогенных горизонтах и меловых отложениях Восточ. Закавказья. Изв. АН СССР, № 2, 1949.
5. Ренгартен В. П. К стратиграфии меловых отложений северной зоны М. Кавказа. Труды Института геол. наук, вып. 149, геол. серия (№ 62), 1953.
6. Славин В. И. Стратиграфия и тектоника Центр. части Карабахского хребта. Сов. геол. сб. 6, 1945.
7. Соловкин А. Н. Интрузии и интрузивные циклы Азербайджанской ССР. Изд. Азерб. фил. АН СССР, № 4, 1939.
8. Тихомиров В. В. Малый Кавказ в верхнемеловое время. Труды Инст. геол. наук, вып. 123, 1950.

Б. Л. Буннян, З. А. Зорян

Искусственное уменьшение скорости распространения волны давления гидравлического удара в целях его моделирования

В в е д е н и е

При переходных процессах в гидроэнергосистемах большое влияние на процесс регулирования и устойчивости системы оказывает явление гидравлического удара [1]. Поэтому при динамическом моделировании гидроэнергосистемы, вопрос моделирования гидравлического удара требует специального анализа.

Условия такого моделирования рассмотрены в работах И. В. Егiazарова [2—4], где показана необходимость сохранения одинаковым для модели и натуры масштаба времени всех элементов в модели, а также постоянной времени трубопровода.

Моделирование в этих условиях возможно только при искажении геометрических масштабов для напора, длины, диаметра и толщины стенок трубопровода. При этом масштаб для скорости распространения волны удара получается равным масштабу для длины трубопровода. Следовательно, скорость распространения волны удара на модели должна быть меньше скорости распространения волны в натуре и притом, в зависимости от условий, в 10—20 раз.

Таким образом, уменьшение скорости распространения ударных волн в напорных водоводах является основной задачей.

Этому вопросу посвящена настоящая работа, которая была проведена под общим руководством И. В. Егiazарова.

§ 1. Теория вопроса

Из теории гидравлического удара [5] известно, что всякому быстрому уменьшению расхода, следовательно, и скорости протекания воды V в трубопроводе, сопутствует повышение давления.

Это повышение давления распространяется вверх по трубопроводу с некоторой скоростью a и за промежуток времени dt проходит путь $dx = a dt$, вследствие чего поперечное сечение трубы и плотность воды $\frac{\gamma}{g}$ на длине dx увеличивается, так как на этом участке трубы дополнительно накапливается масса воды равная

$$\frac{\gamma}{g} F \frac{\partial v}{\partial x} dx dt = \frac{\gamma}{g} F dx - \frac{\gamma_0}{g} F_0 dx, \quad (1)$$

где F_0 и γ_0 — первоначальное сечение трубы и объемный вес воды.

Заменяя здесь $\gamma F - \gamma_0 F_0 = d(\gamma F)$.

будем иметь $\frac{\partial v}{\partial x} dt = \frac{d\gamma}{\gamma} + \frac{dF}{F}$.

Но $\frac{d\gamma}{\gamma} = \frac{dp}{\epsilon}$,

где ϵ — объемный модуль упругости воды.

Получим:

$$\frac{\gamma_0}{g} \left(\frac{1}{\epsilon} + \frac{dF}{F dp} \right) = a^2,$$

или

$$a = \frac{\sqrt{\frac{g \epsilon}{\gamma_0}}}{\sqrt{1 + \frac{dF}{F} \frac{\epsilon}{dp}}} = \frac{a_0}{\sqrt{1 + \frac{dF}{F} \frac{\epsilon}{dp}}}. \quad (2)$$

Это есть общее выражение для определения значения скорости распространения ударных волн в напорных водоводах.

В частном случае, когда трубопровод имеет круглое сечение с диаметром D и толщиной стенки δ , то

$$\frac{dF}{F} = \frac{dp}{E} \frac{D}{\delta}, \quad (3)$$

где E — модуль упругости материала трубопровода.

Подставляя выражение (3) в формулу (2), получим

$$a = \frac{a_0}{\sqrt{1 + \frac{\epsilon}{E} \frac{D}{\delta}}}, \quad (4)$$

формулу Н. Е. Жуковского для определения скорости a в круглых трубах.

Здесь величина a_0 , как известно, выражает скорость распространения волны давления (или звука) в неограниченной жидкой среде и есть функция температуры и давления жидкости, т. е. $a_0 = f(t; p)$.

Для давлений до 25 атмосфер при температуре около 15°C принимается $a_0 = 1435$ м/сек [6].

Как видно из формул (2) и (4) значения скорости распространения волн удара в данной жидкости зависят от формы поперечного сечения, т. е. от жесткости поперечного сечения трубы и от упругих свойств ее материала.

Следовательно, для того, чтобы уменьшить значение скорости a необходимо увеличить отношение $\frac{\varepsilon}{E}$, что приводит к увеличению относительного изменения поперечного сечения трубопровода $\frac{\Delta F}{F}$.

Увеличение отношения $\frac{\varepsilon}{E}$ или $\frac{\Delta F}{F}$ путем применения некруглой трубы или за счет уменьшения толщины стенки модельной трубы, как это предложил Ларас [7], не может дать такого уменьшения скорости a , как это требуется согласно отмеченному выше, и в работах [3, 4].

В достаточно большом диапазоне можно уменьшать скорость a влияя на жесткость системы, а именно — вводя в трубопровод резиновый шланг наполненный воздухом.

Первые, известные нами попытки уменьшения скорости волны гидравлического удара путем введения в трубопровод резинового шланга были произведены в 1951 г. в ТБИЖТ'е Ю. С. Девдариани и Т. Б. Луякиной [8] и во Франции Ременьерасом [9] в 1952 году. В этих исследованиях преследовалась цель не моделирования удара, а воздействия этим путем на величину удара на действующих гидроустановках.

Ю. С. Девдариани и Т. Б. Луякина дают формулу для расчета скорости волны удара при введении резинового шланга в трубопровод, которая в наших обозначениях примет вид:

$$a = \frac{1435}{\sqrt{1 + \frac{\varepsilon}{E} \frac{D}{\delta} + \frac{d^2 \varepsilon}{D^2 \rho}}}$$

Практически, на своей экспериментальной установке Ю. С. Девдариани и Т. Б. Луякина получили уменьшение скорости волны удара с 1250 м/сек (без шланга) до 520 м/сек (со шлангом).

При выводе приведенной формулы не учтено влияние упругости резинового шланга, а процесс изменения объема воздуха в шланге считался изотермическим.

Ременьерас дает формулу для скорости волны удара с учетом влияния резинового шланга, считая также процесс изотермическим. Эта формула в наших обозначениях будет иметь вид:

$$a = \frac{1435}{\sqrt{1 + \frac{\varepsilon}{E} \frac{D}{\delta} + \frac{\omega}{F - \omega} \left(\frac{D}{E\delta} + \beta \right)}}$$

где ω — сечение шланга,

$\beta = \frac{1}{H} \frac{dW}{W}$ — постоянный коэффициент объемной деформации, определяемый опытом.

Хотя эта формула практически дает результаты с точностью до 10—15%, но требуются специально поставленные эксперименты по определению значения β для данного шланга.

Влияние шланга на скорость a можно определить, если написать уравнение неразрывности для трубопровода, внутри которого проложен резиновый шланг диаметром d_0 , толщиной стенки e , с модулем упругости материала стенок ε_p и поперечным сечением ω .

Так как в шланге имеется воздух, находящийся под давлением равным давлению окружающей воды, то стенки шланга не испытывают давления.

При повышении давления воды на величину dp , давление воздуха в шланге увеличивается на $dp_b < dp$ и под действием разности давлений $dp - dp_b$ диаметр шланга уменьшается. В связи с этим уравнение неразрывности для трубопровода по аналогии с уравнением (1) может быть с использованием выражения (3) записано в виде:

$$\frac{\partial v}{\partial x} dt dx = \frac{1}{\varepsilon} dp dx + \frac{D}{E\delta} dp dx + \frac{\omega}{F - \omega} \cdot \frac{d_0}{\varepsilon_p e} (dp - dp_b) dx. \quad (5)$$

$$\text{Здесь} \quad dp_b = \varepsilon_b \frac{d\omega}{\omega}, \quad (6)$$

где ε_b — объемный модуль упругости воздуха.

$$\text{Учитывая, что} \quad \frac{d\omega}{\omega} = \frac{d_0}{\varepsilon_p e} (dp - dp_b), \quad (7)$$

получим, в результате совместного решения уравнений (6) и (7),

$$dp_b = \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_p \frac{e}{d_0} + \varepsilon_b} dp. \quad (8)$$

Подставляя (8) в выражение (5) и преобразуя, получим:

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \left[\frac{1}{\varepsilon} + \frac{D}{E\delta} + \frac{\omega}{F - \omega} \cdot \frac{1}{\left(\varepsilon_p \frac{e}{d_0} + \varepsilon_b \right)} \right] \frac{dp}{dt}.$$

Отсюда

$$a = \frac{1435}{\sqrt{1 + \frac{\varepsilon}{E} \frac{D}{\delta} + \frac{\omega}{F - \omega} \cdot \frac{\varepsilon}{\left(\varepsilon_p \frac{e}{d_0} + \varepsilon_b \right)}}}. \quad (9)$$

Таким образом, в знаменателе формулы Н. Е. Жуковского появляется дополнительный член, определяющий влияние резинового шланга на скорость a .

При этих выводах предполагалось, что шланг не меняет форму.

Если шланг сделан из жесткой резины, то давление воздуха в шланге практически не изменяется, т. е. $dp_b \approx 0$ или $\varepsilon \frac{e}{d_0} \gg \varepsilon_b$.

Тогда формула (9) примет вид:

$$a = \frac{1435}{\sqrt{1 + \frac{\varepsilon}{E} \frac{D}{\delta} + \frac{\omega}{F - \omega} \cdot \frac{\varepsilon}{\varepsilon_p} \frac{d_0}{e}}} \quad (10)$$

Если, наоборот, шланг сделан из весьма тонкой, гибкой резины и сопротивлением его стенок внешнему давлению можно пренебречь, что равносильно тому, что вдоль трубопровода пропускается струя воздуха, то формула (9) запишется в виде

$$a = \frac{1435}{\sqrt{1 + \frac{\varepsilon}{E} \frac{D}{\delta} + \frac{\omega}{F - \omega} \cdot \frac{\varepsilon}{\varepsilon_b}}} \quad (11)$$

Для определения ε_b исходим из того предположения, что при гидравлическом ударе изменение состояния воздуха в шланге происходит за такой короткий промежуток времени, что теплообмен между воздухом и окружающей его средой не происходит, поэтому процесс считаем адиабатическим, т. е.

$$pW^k = \text{const.},$$

где $k = \frac{c_p}{c_w}$ — отношение теплоемкостей при постоянных давлениях и объеме.

Дифференцируя это выражение, получим:

$$\frac{dW}{W} = - \frac{dp}{kp}$$

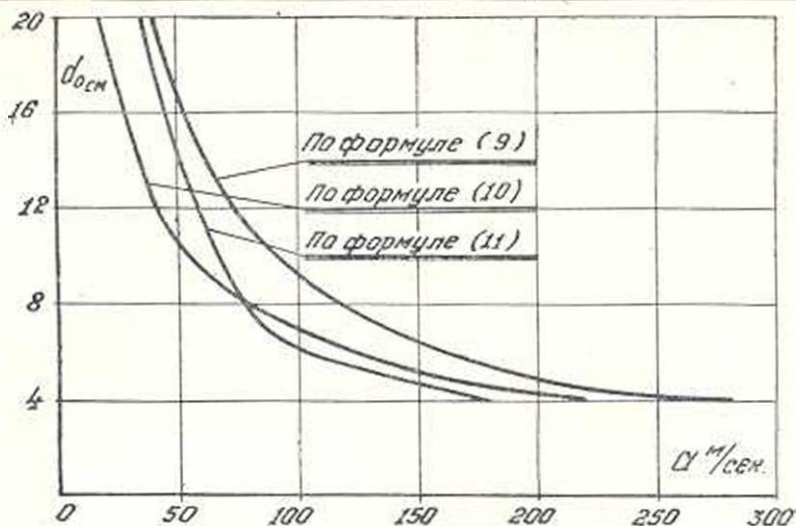
С другой стороны

$$\frac{dW}{W} = - \frac{dp}{\varepsilon_b}$$

Отсюда $\varepsilon_b = kp$.

Для воздуха (являющегося двухатомным газом) $k = 1,42$. Для сравнения формул (9), (10) и (11) производим численный расчет при следующих данных: $D = 64$ см, $\delta = 0,4$ см, $\frac{\varepsilon}{E} = \frac{1}{103}$, $\varepsilon_p = 40$ кг/см² и $\varepsilon_b = 2$ кг/см² при разных диаметрах шланга толщиной стенки 0,2 см и строим график (фиг. 1), изображающий изменение скорости a в данном трубопроводе в зависимости от диаметра шланга.

Поскольку формула (9) учитывает влияние наличия резинового шланга и воздуха в нем, скорость получается меньшей той, которая определяется по формуле (10). При отсутствии сопротивления, создаваемого воздухом в шланге, эту скорость можно было бы еще больше уменьшить, что видно из фиг. 1.



Фиг. 1. Кривые зависимости скорости a от диаметра шланга.

Кроме того, по формуле (11), которая написана для случая, при котором взамен шланга в трубопроводе подается струя воздуха, скорость a получается меньше, чем по формуле (9). Следовательно, разница в результате расчета по формулам (9) и (10) вызвана влиянием сопротивления воздуха в шланге, а при расчете по формулам (9) и (11)—сопротивлением шланга.

Таким образом полученные формулы могут быть применены для расчета скорости a в соответствующих конкретных случаях.

Точность результатов зависит от точности выбора ϵ_p и ϵ_b .

§ 2. Экспериментальная проверка уменьшения скорости распространения волны гидравлического удара

В 1952—54 гг. в Гидроэлектрической лаборатории Водно-энергетического института Академии наук Армянской ССР был проведен ряд экспериментов на 3-х установках, для установления возможности уменьшений скорости распространения ударных волн в трубопроводах в широких пределах.

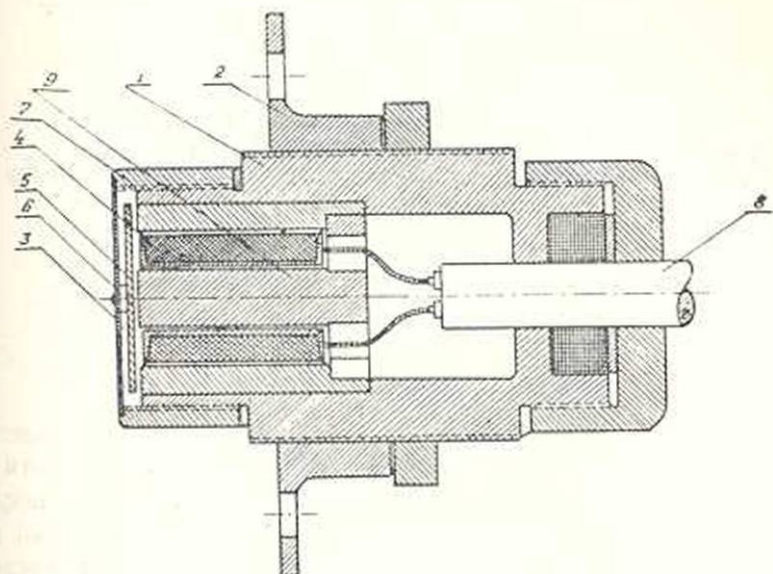
Для записи изменений во время давления при ударе были спроектированы и изготовлены следующие приборы:

- индукционный датчик давления,
- фото-оптический датчик давления и
- индикатор давления.

а) Индукционный датчик давления (фиг. 2) состоит из латунного корпуса 1, в котором собраны все детали.

Датчик закрепляется в интересующей нас точке модели посредством фланца 2, который, благодаря наличию нарезки, можно перемещать вдоль корпуса так, чтобы диафрагма 3, воспринимающая давление, находилась в данной точке модели.

Внутри корпуса помещается катушка 4 из провода ПЭП диаметром 0,12 мм, с числом витков 2100, и омическим сопротивлением в 1000 ом.



Фиг. 2. Конструктивная схема индукционного датчика.

Изменение индуктивного сопротивления катушки осуществляется путем перемещения стального якоря 5, присоединенного заклепкой 6 к гибкой диафрагме. Диафрагма припаивается к колпачку 7.

Катушка датчика двухжильным гибким кабелем 8 соединяется с осциллографом.

Под давлением жидкости диафрагма деформируется и якорь приближается к сердечнику 9 катушки.

При изменении зазора между якорем и сердечником, меняется индуктивное сопротивление катушки, следовательно, и ток цепи. Это изменение регистрируется осциллографом.

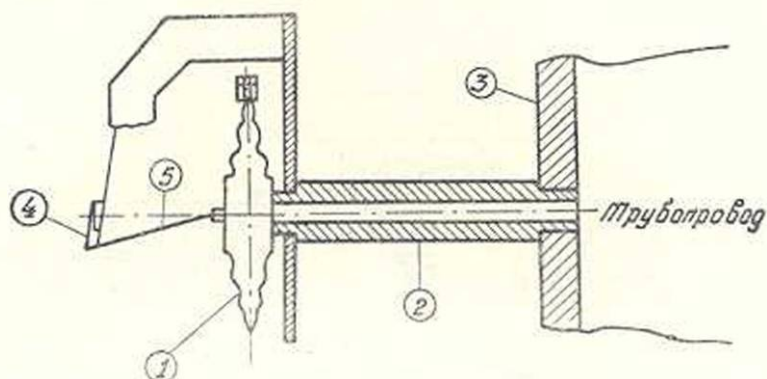
Перед экспериментом датчик тарировался под статическим давлением водяного столба, изменяющегося от 0 до 10 м и устанавливалась зависимость между давлением на мембране и проходящим током в осциллографе.

б) *Фото-оптический датчик давления* (фиг. 3) изготовлен из anerоидной коробочки 1, которая с помощью латунной трубки 2 присоединяется к трубопроводу 3.

Перед экспериментом прибор заполняется водой, через толщу которой изменение давления передается anerоидной коробочке. Под этим давлением коробочка деформируется, вызывая перемещение зеркала 4, которое опирается на штангу 5. Это зеркало освещается электрической лампочкой и отражает луч в сторону осциллографа.

Аналогично случаю тарировки индукционного датчика установ-

ливается связь между давлением и отклонением отраженного луча, фиксируемого на осциллографической бумаге.



Фиг. 3. Конструктивная схема фото-оптического датчика.

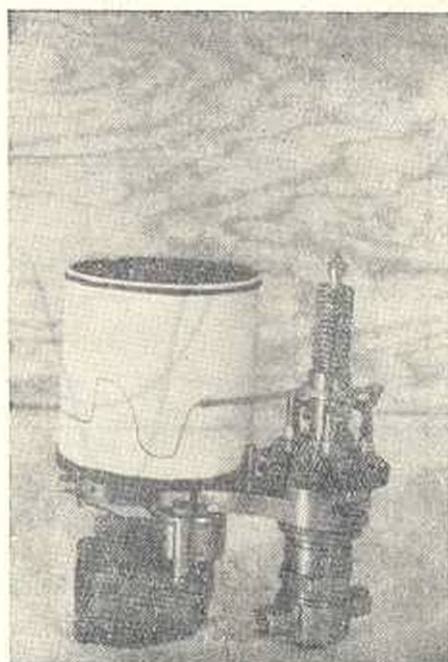
в) *Индикатор давления*, изготовлен из индикатора давления типа „Майгак“ применяемого для записи индикаторной мощности паровых машин, двигателей внутреннего сгорания и т. п. Этот последний имеет барабан, на котором производится запись. Специальный привод заставляет барабан вращаться попеременно то вправо, то влево, что неприемлемо для записи гидравлического удара. Поэтому нами были внесены в этот прибор некоторые конструктивные изменения, а именно: его барабан с приводным механизмом был заменен другим барабаном периметром 293 мм, который приводится во вращение моторчиком Уорена со скоростью один оборот в секунду (фиг. 4).

С целью сравнения качества указанных трех приборов на фиг. 5 дана произведенная ими одновременная запись ударной диаграммы при частичном закрытии задвижки. Из фигуры видно, что фото-оптический прибор настолько чувствителен, что резко реагирует на пульсацию в потоке, а индукционный датчик и индикатор давления их осредняют. Кроме того, поскольку фото-оптический прибор и индукционный датчик работают без потерь на механическое трение, а в индикаторе давления эти потери имеют место, то показания индикатора в среднем на 4% меньше, чем остальных приборов. Следовательно, механические потери в индикаторе составляют лишь 4%, что приемлемо.

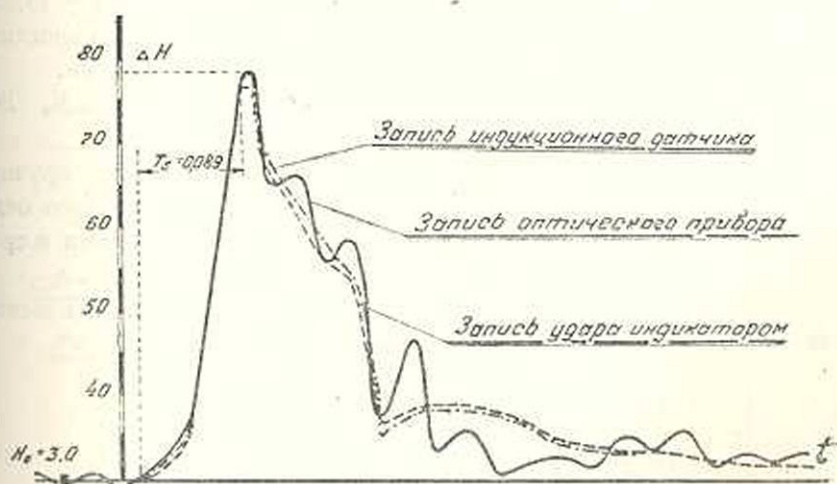
Индукционный и фото-оптический датчики изготавливались механиком ЛЭТИ Р. С. Тихоновым, а индикатор давления сотрудниками ВЭНИ Б. М. Джрбашяном и А. И. Анмегикианом.

Эксперименты на первой установке

В конце трубопровода диаметром 320 мм, длиной 18,95 м у задвижки был установлен индукционный датчик № 1. На расстоянии $l = 17,5$ м от этого датчика на трубопроводе был установлен датчик № 2.



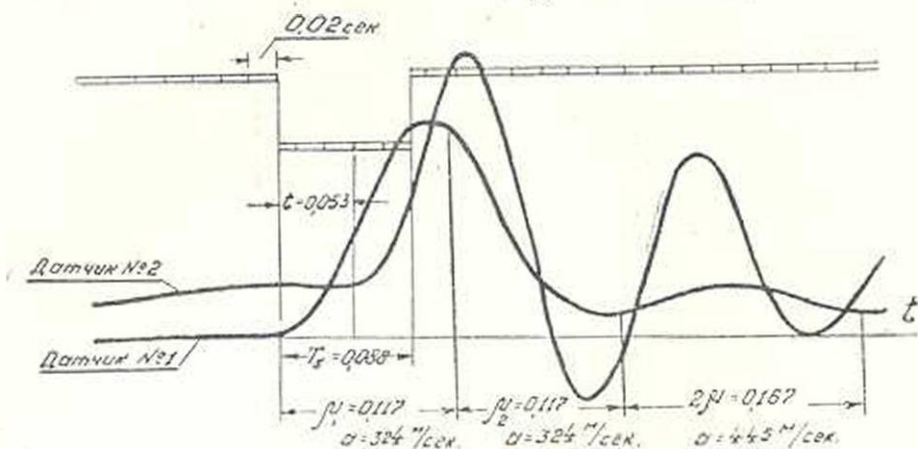
Фиг. 4. Общий вид индикатора давления.



Фиг. 5. Сравнительный график давления записанный тремя приборами.

В результате быстрого закрытия задвижки на 50%, давление в трубопроводе повысилось, что записано осциллографом.

На фиг. 6 приведена одна из таких записей ударной волны в трубопроводе при отсутствии в нем упругого элемента.



Фиг. 6. Диаграмма давления в первом трубопроводе без резинового шланга.

Из осциллограммы видно, что распространение повышения давления от датчика № 1 до № 2 происходит за 0,053 сек, что соответствует скорости $a = 330$ м/сек.

Кроме того, из осциллограммы видно, что для первой и второй фаз, время пробега волны от задвижки до свободной поверхности (в баке) и обратно $\mu = 0,117$ сек. При длине трубопровода $l = 18,95$ м получим $a = 324$ м/сек. В третьей и последующих фазах скорости a несколько увеличиваются и становятся равными $a = 445$ м/сек.

Если бы трубопровод был круглым, то по формуле Н. Е. Жуковского получили бы $a = 1010$ м/сек.

В данном случае указанный трубопровод накатанный вручную из листовой стали, форма его поперечного сечения значительно отличается от круга и приближается к эллипсу с главными осями в среднем 29,0 и 36,0 см (отношение осей $\varphi = 0,80$).

Для определения скорости a в трубопроводе эллиптического сечения Г. И. Двухшерстов [10] получил формулу

$$a = \frac{1435}{\sqrt{1 + \frac{2b(1-\nu^2)\varepsilon}{E\delta} \cdot K_A \left(1 + K_A \frac{b^2}{\delta^2}\right)}}$$

где b — характерный размер поперечного сечения трубы, равный ее среднему диаметру $D = 32$ см,

$\nu = 0,1$ — коэффициент Пуассона,

δ — толщина стенки трубопровода 3 мм,

K_A и K_A' — безразмерные коэффициенты, зависящие от формы поперечного сечения.

Для $\varphi = 0,80$ получаем $K_A = 0,08$ и $K_A' = 0,934$.

При этих данных скорость получается равной $a = 457$ м/сек.

Таким образом, в эллиптической трубе скорость распространения волны удара значительно меньше, чем в круглой.

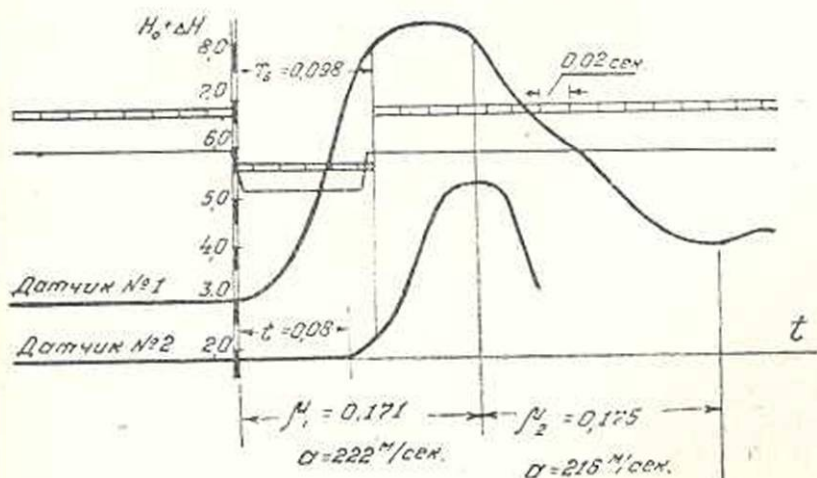
Такая скорость получится в эллиптической трубе, наполненной водой, в которой отсутствуют пузырьки воздуха.

Но даже при атмосферном давлении и температуре воды 20° предельное насыщение ее воздухом составляет около 2% по объему [11]. Следовательно, в трубопроводе где фактическая скорость $a = 330$ м/сек (вместо $a = 457$ м/сек), содержание воздуха в воде по формуле (11) составляет $0,054\%$, что равносильно воздушной струе диаметром $7,44$ мм.

Из приведенной осциллограммы видно, что в последующих фазах значения скорости a несколько возрастают. Это объясняется тем, что при увеличении давления часть воздуха выделяется из воды.

Поскольку количество воздуха в трубопроводе не всегда постоянно и зависит от давления, то скорость a не будет строго постоянной для всех фаз, что и видно из фиг. 6.

Если в этом же трубопроводе при таком же проценте содержания воздуха проложить два резиновых шланга диаметром по $d_0 = 1,8$ см и толщиной стенки $e = 2$ мм, то при $p = 40$ кг/см² по формуле (9) получим $a = 230$ м/сек, а по формуле (10) $a = 210$ м/сек и наконец, по формуле (11) $a = 206$ м/сек. По данным экспериментов $a = 222-216$ м/сек (фиг. 7).



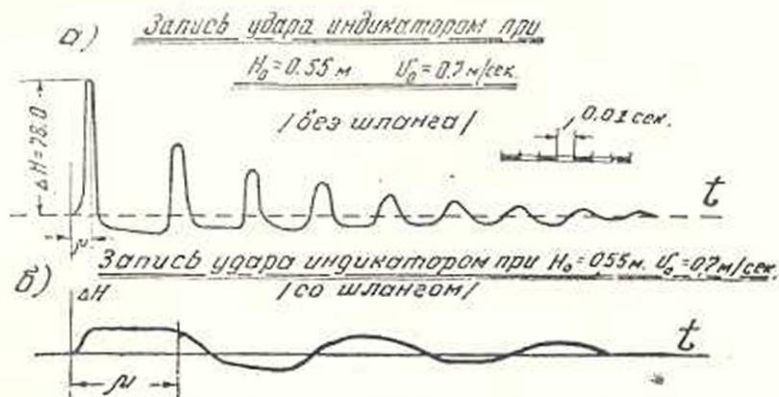
Фиг. 7. Диаграмма давления в первом трубопроводе с резиновым шлангом.

Таким образом, формулы [9], [10] и [11] позволяют довольно точно определять волновые скорости для случая наличия резинового шланга в трубопроводе.

Эксперименты на второй установке

Влияние резинового шланга на уменьшение скорости было выявлено более наглядно при экспериментах на трубопроводе длиной 22,6 м, диаметром 5 см, толщиной стенки 4 мм. В конце трубопровода был установлен пробочный кран, позволяющий вручную быстро закрывать приток воды и получить прямой удар в трубопроводе. Изменение давления в трубопроводе у крана записывалось индикатором давления.

На фиг. 8 приведена запись удара для одного из таких опытов. Диаграмма „а“ относится к удару без резинового шланга в трубе, а диаграмма „б“ — к удару при наличии в трубе резинового шланга диаметром 0,8 см и толщиной стенки 1 мм.



Фиг. 8. Диаграмма давления во втором трубопроводе.

Как видно из диаграммы „а“ продолжительность фазы $\mu = 0.04$ сек., следовательно $a = 1130$ м/сек. по формуле Н. Е. Жуковского получаем $a = 1340$ м/сек.

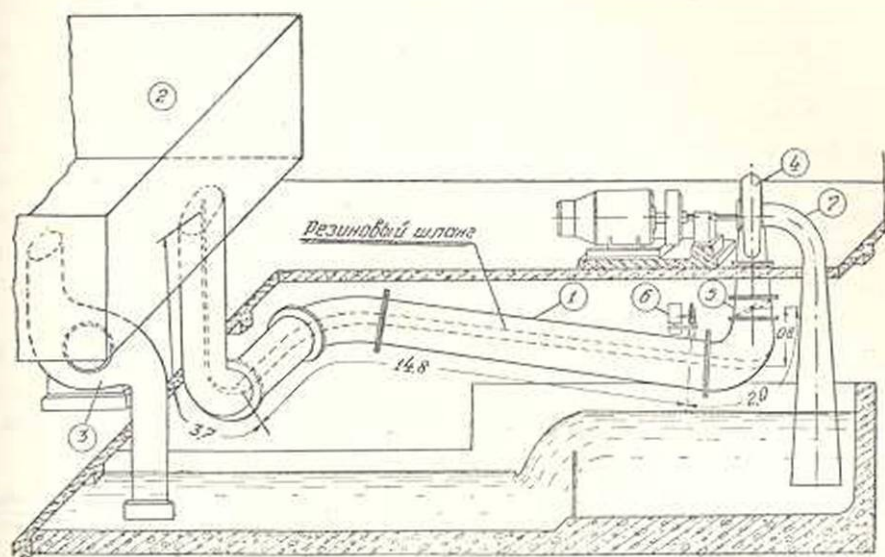
Это можно объяснить наличием пузырьков воздуха в воде. Действительно, при $a = 1130$ м/сек содержание воздуха в воде по формуле (11) равно 0,0028% от объема воды, что равносильно воздушной струе диаметром 0,27 мм.

Из ударной диаграммы кривой „б“ следует, что продолжительность первой фазы $\mu = 0.28$ сек, что соответствует скорости $a = 160$ м/сек. По формуле (9) получаем $a = 164$ м/сек.

В этом трубопроводе данный шланг уменьшает скорость a в 9 раз.

Эксперименты на третьей установке

Трубопровод 1 диаметром 640 мм, толщиной стенки 4 мм, длиной 20,5 м, специально предназначенный для модели станции, входящей в гидроэнергосистему (фиг. 9) и питающийся через основной бак 2 насосной 3, соединен со спиральным кожухом гидротурбины 4. В



Фиг. 9. Схема установки модели гидростанции.

конце трубопровода установлена дроссельная задвижка 5, при помощи которой создавался гидравлический удар. На расстоянии 2,0 м от дросселя на трубопроводе был установлен индикатор давления 6, который записывал диаграмму давления. Отсасывающая труба 7 была отсоединена от турбины, что дает возможность считать установку соответствующей схеме простого трубопровода с задвижкой в конце и с истечением в атмосферу.

Опыты на данной установке были проведены для трех разных случаев, а именно:

а). Бак 2 заполнен водой, насос отключен, трубопровод без резинового шланга. Удар в трубопроводе создается маневрированием дроссельной задвижки.

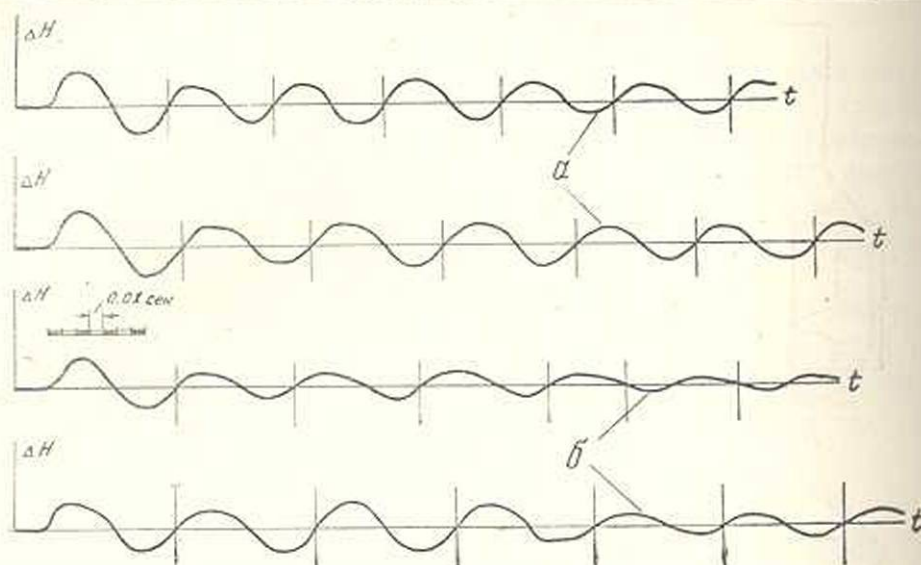
б). Те же условия, но насос работает.

в). Условия те же, что в п. „б“, но при наличии резинового шланга в трубопроводе.

Необходимо отметить, что при работе насоса на поверхности воды в резервуаре появлялись многочисленные пузырьки воздуха, отсасываемого насосом из нижнего резервуара. Эти пузырьки могут течением воды вовлекаться в трубопровод и, в зависимости от их объема, изменять значения скорости a в трубопроводе.

Скорость распространения волны гидравлического удара в данном трубопроводе, рассчитанная по формуле Н. Е. Жуковского, равна $a=900$ м/сек. Однако согласно данным опытов произведенных в совершенно одинаковых условиях, средние значения скорости a для шести фаз диаграммы давления (фиг. 10, кривые a) получились следующие (см. табл. 1).

На фиг. 10 приведена диаграмма только для первого и последнего опытов.



Фиг. 10. Диаграмма давления в третьем трубопроводе без резинового шланга.

Таблица 1

Число опытов	4	3	2	2	1	3
a м/сек	890	880	850	830	790	780

Для случаев, когда работал насос и воздушные пузырьки вовлекались в трубопровод, средние значения скорости, соответствующие шести фазам диаграммы давления (фиг. 10, кривые б) получились следующие (см. табл. 2):

Таблица 2

Число опытов	2	4	1	11	4	4
a м/сек	810	800	785	750	740	730

Как видно из таблиц 1 и 2 в первом случае, в зависимости от объема воздуха в воде, скорость a изменяется от 890 м/сек до 780 м/сек, а во втором случае — от 810 м/сек до 730 м/сек.

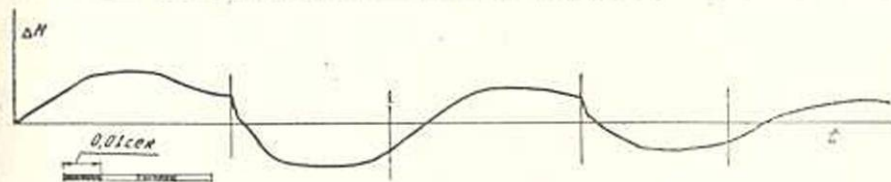
Расхождения между данными опытов и теории объясняются только наличием воздуха в воде. Поскольку объем воздуха в воде не постоянен, то значения скорости a в разных опытах, произведенных в одинаковых условиях, получаются разные. При сопоставлении данных таблиц 1 и 2 легко заметить, что когда в воде отсутствуют воздушные пузырьки, то скорость a получается больше. Если принять $a = 730$ м/сек, то по формуле (11) получим относительный объем воздуха на единицу длины трубопровода в размере 0,123% от объема воды в трубопроводе. Если мысленно отделить воздух от воды, то

площадь сечения трубопровода, занятая воздухом будет равна кругу с диаметром 0,73 см. Таким образом, при наличии в трубопроводе воздушной струи диаметром 0,73 см, скорость ударной волны уменьшится с 900 до 730 м/сек.

Для уменьшения скорости a в более широких пределах в трубопроводе был проложен резиновый шланг плоской формы с периметром 35 см, с толщиной стенок в 2 мм. Этот шланг под давлением накачиваемого в него воздуха принял форму круга. Благодаря этому при повышении давления воды снаружи стенки шланга не могут сопротивляться уменьшению его диаметра, а при уменьшении давления воды в трубопроводе шланг с воздухом расширяется и тогда сопротивление, вызванное шлангом, безусловно будет влиять. По этой причине при повышении давления скорость a будет меньше, чем при понижении давления.

Верхний конец шланга был наглухо закрыт, а нижний был снабжен штуцером, к которому присоединился компрессор для подачи в шланг воздуха. В зависимости от количества поданного воздуха уменьшалась скорость a . Из этого следует, что данное мероприятие отвечает своему назначению, причем оно позволяет по желанию регулировать скорость.

Один из опытов записи гидравлического удара в данном трубопроводе приведен на фиг. 11, а значения скорости в отдельных фазах для 5-ти опытов приведены в таблице 3, в которой, в графах 2, 3, 5



Фиг. 11. Диаграмма давления в третьем трубопроводе с резиновым шлангом.

Таблица 3

м/сек			м/сек			По формуле	
I фаза	II фаза	I-й период	III фаза	IV фаза	II-й период	(9)	(11)
1	2	3	4	5	6	7	8
50,5	79	64,7	57,5	76	66,7	69,5	61,5
50,5	74	62,2	59,7	80	69,5	69,5	61,5
51,2	79	65,1	58,8	79	68,8	69,5	61,5
52	79	65,5	57,1	86	71,5	69,5	61,5
52,9	76	64,4	65,6	80	72,8	69,5	61,5
Среднее значение для периодов		63,4	—	—	69,9	69,5	61,5

и 6 приведены значения скорости a для отдельных фаз. В графах 4 и 7 дано среднее значение скорости a для периодов колебания давления, полученных из экспериментов. В графах 8 и 9 даны значения скорости a , полученные по формулам (9) и (11).

Как видно из таблицы формулы (9) и (11) дают величины, довольно близкие к полученным из экспериментов.

Кроме того в трубопроводе, в котором скорость бала $a=900$ м/сек, удалось ее уменьшить практически до $a=65-70$ м/сек.

Такой результат дает основание при моделировании явления гидравлического удара пользоваться резиновым шлангом во всех тех случаях, когда при масштабе времени $\alpha t=1$ скорость a получается больше 70,0 м/сек.

Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Скорость распространения волны давления гидравлического удара зависит не только от поперечных размеров и упругости материала трубы и жидкости, но и, в некоторой степени, от формы поперечного сечения трубы.

2. Для практических расчетов значение скорости в круглых тонкостенных трубопроводах, при наличии в трубе упругого элемента в виде резинового шланга или воздушной струи, могут быть использованы предлагаемые формулы (9), (10) и (11), по которым можно определить скорости a , не прибегая к экспериментам. Полученные по этим формулам скорости a расходятся с экспериментальными значениями только на 5—7%.

3. Экспериментальное значение скорости a не будет строго соответствовать теоретическому, определяемому по формуле (4), из-за наличия воздуха в воде. Кроме того, обеспечить строгое постоянство скорости для отдельных фаз или опытов невозможно, поскольку при изменении давления от гидравлического удара изменяется и количество воздуха в воде.

При наличии в трубопроводе резинового шланга влияние воздушных пузырьков на a незаметно, поскольку объем этих пузырьков весьма мал по сравнению с объемом воздуха в шланге. В этом случае расхождения в величинах скорости a для отдельных фаз или опытов, достигают 3—8%, что вполне приемлемо, так как оно находится в пределах точности измерений при исследованиях на моделях гидроэнергосистем.

4. Теоретически и экспериментально доказана возможность искусственного уменьшения скорости a в достаточно широких пределах для обеспечения возможности моделировать явление гидравлического удара в трубопроводах ГЭС и исследовать в лабораторных условиях переходные процессы на модели гидроэнергосистемы с учетом влияния гидравлического удара.

Բ. Լ. Բուճիարյան, Զ. Լ. Զարյան

ՀԻԴՐԱՎԼԻԿԱԿԱՆ ՀԱՐՎԱԾԻ ՃՆՇՄԱՆ ԱԼԻՔԻ ՏԱՐԱԾՄԱՆ ԱՐԱԳՈՒԹՅԱՆ ԱՐԶԵՍՏԱԿԱՆ ՓՈՔՐԱՑՈՒՄԸ՝ ԱՅՆ ՄՈԴԵԼԱՑՆԵԼՈՒ ՆՊԱՏԱԿՈՎ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հիդրոէներգոսխառնմանի կառուցմանը կանոնավորման և նրանց աշխատանքի կայունությունն հարցերը մոդելացման միջոցով ուսումնասիրելիս, անհրաժեշտ է մոդելացնել հիդրավլիկական հարվածի՝ երևույթը, որ առաջանում է հիդրոկայանի ճնշման խողովակաշարում սեղանավորմանը կանոնավորման ընթացքում:

Այդպիսի մոդելացման դեպքում անհրաժեշտ է, որ ժամանակի մասշտաբը հավասար լինի մեկի:

Ժամանակի մասշտաբի այդ սահմանափակման հետևանքով հիդրավլիկական հարվածի մոդելացումը հնարավոր է միմիայն նրա ալիքի տարածման արագության փոքրացմամբ:

Հիդրոնալների կատարած տեսական և էքսպերիմենտալ հետազոտություններից պարզվել է, որ այդ արագության փոքրացման համար անհրաժեշտ է ճնշման խողովակի մեջ անցկացնել մեջը օդ լցված սեղանի խողովակ:

Ռեզուլտներն այդ խողովակը, ինչպես երևում է տեսականորեն ստացված (9), (10) և (11) բանաձևերից, կարող է ալիքի տարածման արագությունը փոքրացնել լայն սահմաններում:

Կատարված փորձերի միջոցով գործնականում ալիքի տարածման արագությունը փոքրացվել է 17 անգամ, որը լիովին համապատասխանում է տեսական հաշվարկներին:

Ալիքի տարածման արագության փոքրացման այդ սահմանները հնարավորություն են տալիս հիդրոէներգոսխառնմանի մոդելացման դեպքում լիովին մոդելացնել կայանի ճնշման խողովակաշարը:

ЛИТЕРАТУРА

1. Егиазаров И. В. Задачи научных исследований по изучению режимов работы гидроэнергосистемы и их автоматического регулирования. Известия АН Армянской ССР, (серия ФМЕТ наук), № 1, т. VI, 1953.
2. Егиазаров И. В. Моделирование гидравлического удара. ДАН СССР, № 3, ХСП, 1953.
3. Егиазаров И. В. Моделирование гидравлического удара в особых условиях динамического моделирования целой гидроэнергосистемы. ДАН СССР, № 5, т. ХСП, 1953.
4. Егиазаров И. В. Моделирование и явления неустановившегося волнового движения безнапорного и напорного потока. Известия ОН АН СССР, № 10, 1953.
5. Жуковский Н. Е. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах. ГИТТЛ, М.—Л., 1940.
6. Моестков М. А. и Башкиров А. А. Расчеты гидравлического удара. Госэнергоиздат, 1952.
7. Larras, Coups de délier et essais sur modèles Revus Générale de L'Hydraulique. № 66, 1951.

8. Девдариани Ю. С. и Люнякина Т. Б. О снижении амплитуды давления в трубопроводах при гидравлическом ударе путем искусственного уменьшения скорости распространения ударной волны. Труды Ин-та энергетики АН Грузинской ССР, VI, 1951.
9. Remenieras. Dispositif simple pour réduire la célérité des ondes élastiques dans les conduites en charge. Houille Blanche, NA, 1952.
10. Духиерстов Г. И. Гидравлический удар в трубах некруглого сечения и потока жидкости между упругими стенками. Учен. записки МГУ, вып. 122, т. II, 1948.
11. Гибсон А. Гидравлика и ее применение. Госэнергоиздат, 1934.